**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Métodos para a redução da lanosidade e manutenção da qualidade
de pêssego ‘Douradão’ sob refrigeração**

Luciane de Siqueira Mendes

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2015**

Luciane de Siqueira Mendes
Licenciada em Ciências Agrícolas

**Métodos para a redução da lanosidade e manutenção da qualidade de pêssego
'Douradão' sob refrigeração**

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

Piracicaba
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Mendes, Luciane de Siqueira

Métodos para a redução da lanosidade e manutenção da qualidade de pêssego
'Douradão' sob refrigeração / Luciane de Siqueira Mendes. - - Piracicaba, 2015.
158 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Prunus persica* 2. Técnicas pós-colheita 3. Injúria por frio 4. Enzimas de parede
celular 5. Conservação I. Título

CDD 634.25
M538m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, José Elival Mendes e Maria Aparecida de Siqueira Mendes por todo amor, carinho, confiança, principalmente por terem me ensinado a nunca desistir de meus sonhos e fazerem de mim tudo que sou,

Dedico

Aos meus irmãos, Selma Maria, Wagner César, Cristina Elisabete, Munir Ricardo e Adalgisa, pela paciência, incentivo e companheirismo, onde em todos os momentos de dificuldades e vitórias estiveram ao meu lado me dando muito amor,

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo amor e presença em cada momento dessa caminhada, me dando força, sabedoria e perseverança na realização de mais um sonho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge pelos ensinamentos científicos e pessoais. E por tudo que me ensinou com sua valiosa orientação.

Ao Prof. Dr. Eduardo Purgatto (USP- SP) pela parceria no trabalho do doutorado.

A Prof^a. Dra. Encarna Aguayo (UPCT- Espanha) pela orientação e colaboração com meu trabalho no exterior.

Ao Prof. Dr. Ricardo Bressan pelo apoio, carinho e confiança depositado em mim e pelos seus ensinamentos que tanto contribuíram na minha formação profissional e pessoal.

Aos meus sobrinhos Jean Lucas, Arlindo Junior e Vitória Elizabete, às minhas tias Sueli Siqueira e Gilda Siqueira (*in memorian*) e ao Humberto pelo afeto incondicional que sempre tiveram por mim.

Ao Alexandre, Luz Marina, Luis Alexander, Lizette, Yannick, Gerardo, Racha e Mitra pela grande amizade e companhia durante a estada na Espanha.

Ao produtor de pêssigo 'Douradão' Marcos Kobayashi pelo fornecimento dos frutos e pela amizade.

A Fabiana Sasaki pela grande amizade e ajuda no meu trabalho de doutorado.

As minhas amigas Francynês, Simone, Marina e Marcia, pela grande amizade, conversas e por ter ajudado a suavizar o meu caminho durante o doutorado.

A Rosana pela grande amizade, pelo incentivo e de estar comigo em todos os momentos, sempre com uma palavra amiga e de conforto.

Aos pós-graduandos do meu laboratório Cleucione, Paula, Carlos, Juliana, Cristiane, Jaqueline, Diego, Magda e Natalia que além de serem grandes amigos, sempre me ajudaram em meus experimentos e estiveram ao meu lado em todos os momentos me apoiando.

A todos os estagiários do meu laboratório que me ajudaram nos experimentos e com a agradável companhia no decorrer destes quatro anos.

A Luciane Aparecida Lopes da pós-graduação da Fitotecnia pela sua alegria e amizade.

A Solizete por toda ajuda junto ao programa de pós-graduação, pelas conversas, apoio e pela grande amizade nos momentos de dificuldade e felizes.

A todos os professores e funcionários da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP), por terem contribuído á minha formação pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

E a todos os meus amigos, familiares e conhecidos que me ajudaram diretamente ou indiretamente no meu trabalho e na minha vida pessoal, com suas palavras, afeto, amizade ou simplesmente com um pequeno gesto ou sorriso.

Meu Muito Obrigado!

EPÍGRAFE

“Sem sonhos, as perdas se tornam insuportáveis,
as pedras do caminho se tornam montanhas,
os fracassos se transformam em golpes fatais.

Mas, se você tiver grandes sonhos...
seus erros produzirão crescimento,
seus desafios produzirão oportunidades,
seus medos produzirão coragem.

Por isso...

Nunca desista dos seus sonhos.”

Augusto Cury

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Aspectos gerais de pêssego	19
2.2 Etileno	20
2.3 Injúria por frio	21
2.4 Pectinametilesterase e poligalacturonase	22
2.5 1-metilciclopopeno	24
2.6 Atmosfera modificada.....	25
2.7 Condicionamento térmico.....	26
Referências	27
3 APLICAÇÃO DE ETILENO REDUZ A LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE EM PÊSSEGOS ‘DOURADÃO’ ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO	35
Resumo	35
Abstract	35
3.1 Introdução	36
3.2 Material e Métodos	38
3.3 Resultados e Discussão	40
3.4 Considerações Finais	56
Referências	56
4 CONDICIONAMENTO TÉRMICO REDUZ A LANOSIDADE DE PÊSSEGOS ‘DOURADÃO’ SOB REFRIGERAÇÃO	61
Resumo	61
Abstract	61
4.1 Introdução	62
4.2 Material e Métodos	63
4.3 Resultados e Discussão	66
4.4 Considerações Finais	79
Referências	80

5 APLICAÇÃO DE ETILENO E ATMOSFERA MODIFICADA REDUZEM A LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE DE PÊSSEGO 'DOURADÃO' REFRIGERADO	83
Resumo	83
Abstract.....	83
5.1 Introdução.....	84
5.2 Material e Métodos	86
5.3 Resultados e Discussão	91
5.4 Considerações Finais	110
Referências.....	111
6 COMBINAÇÃO DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO E ATMOSFERA MODIFICADA REDUZ LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE DE PÊSSEGO 'DOURADÃO' SOB REFRIGERAÇÃO	117
Resumo	117
Abstract.....	117
6.1 Introdução.....	118
6.2 Material e Métodos	120
6.3 Resultados e Discussão	125
6.4 Considerações Finais	143
Referências.....	144
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	151
ANEXOS.....	153

RESUMO

Métodos para a redução da lanosidade e manutenção da qualidade de pêssego 'Douradão' sob refrigeração

O pêssego é um fruto de alta perecibilidade, deteriorando-se rapidamente em temperatura ambiente. Dessa forma, é necessário o uso da refrigeração para prolongar o período de conservação. Entretanto, o uso de baixas temperaturas pode promover danos por frio, como a lanosidade, limitando o armazenamento e a aceitação pelos consumidores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de técnicas pós-colheita na redução da lanosidade e na conservação da qualidade de pêssego 'Douradão' armazenado sob refrigeração. As técnicas utilizadas foram: aplicação de etileno, 1-metilciclopropeno (1-MCP), condicionamento térmico e atmosfera modificada passiva. O trabalho foi dividido em quatro experimentos. No primeiro experimento, foram avaliados os efeitos da aplicação de etileno em diferentes tempos de armazenamento, combinado ou não com a aplicação de 1-MCP na saída câmara fria (SCF). No segundo experimento avaliou-se o efeito de diferentes tempos de exposição dos frutos ao condicionamento térmico (24 ou 48h). No terceiro experimento avaliou-se o efeito combinado da aplicação de etileno antes da refrigeração com embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60 ou 80 μm e o 1-MCP na SCF. No quarto experimento foi avaliado o efeito combinado do condicionamento térmico (24 ou 48 h) e o PEBD (60 ou 80 μm). Em todos os experimentos os frutos foram armazenados a 0°C por 30 ou 40 dias (+ 3 dias de comercialização simulada a 25°C). Os tratamentos com a aplicação de etileno, independente do momento da aplicação e do uso ou não de 1-MCP na SCF, reduziram a lanosidade, sem afetar os demais atributos de qualidade, ampliando a conservação para 30+3 dias. A aplicação de 1-MCP na SCF não afetou a qualidade dos frutos de maneira geral. Os tratamentos com condicionamento térmico de 24 e 48 h reduziram a lanosidade até os 30+3 dias. No entanto, o tratamento de 48 h intensificou a perda de massa, a solubilização das pectinas e a podridão, reduzindo a qualidade dos frutos. Os tratamentos de aplicação de etileno e PEBD de 60 μm , com ou sem 1-MCP na SCF, reduziram a lanosidade, a perda de massa e proporcionaram maiores valores de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e ângulo de cor aos 30+3 dias. A aplicação de etileno e PEBD de 80 μm com ou sem 1-MCP SCF foi eficiente na redução da lanosidade e na manutenção dos demais atributos de qualidade até os 40+3 dias. O condicionamento térmico de 24 ou 48 h e PEBD de 60 ou 80 μm reduziram a lanosidade e a perda de massa, e resultaram em maior atividade da poligalacturonase e capacidade antioxidante, e maiores teores de compostos fenólicos. A aplicação de etileno e PEBD de 80 μm , com ou sem 1-MCP na SCF, são os melhores tratamentos para essa cultivar, ampliando a vida útil dos frutos para 40 dias sob refrigeração.

Palavras-chave: *Prunus persica*; Técnicas pós-colheita; Injúria por frio; Enzimas de parede celular; Conservação

ABSTRACT

Methods for reducing woolliness and maintaining quality of 'Douradão' peach under refrigeration

The peach is a highly perishable fruit, deteriorating rapidly at room temperature. Thus, the use of cold storage is necessary to prolong the shelf life. However, the use of low temperatures can promote chilling injuries, like woolliness, limiting the storage and the consumer acceptance. The aim of this study was to evaluate the effects of postharvest techniques in reducing woolliness and the storage of the 'Douradão' peach under refrigeration, aiming the increase the shef life of the fruit. The techniques used were: application of ethylene, 1-methylcyclopropene (1-MCP), heat treatment and passive modified atmosphere. The work was divided into four experiments. The first experiment evaluated the effects of ethylene application on different storage times, combined or not with the application of 1-MCP after the cold storage (ACS). The second experiment evaluated the effect of different exposure times of fruit to the heat treatment (24 or 48 hours). The third experiment evaluated the effects of exogenous ethylene combined with low density polyethylene (LDPE) packages of 60 or 80 μm before cold storage combined or not with 1-MCP ACS. In the fourth experiment, it was verified the combined effects of heat treatment (24 or 48 h) and LDPE of 60 or 80 μm . In all experiments the fruit were stored at 0°C for 30 or 40 days (plus 3 days of simulated marketing at 25°C). The treatments with the application of ethylene, regardless the time of application and the use or not of 1-MCP ACS, reduced woolliness without effect on other quality attributes, increasing storage to 30+3 days. The application of 1-MCP ACS did not affect the overall quality of the fruit. The heat treatment of 24 and 48 h reduced woolliness for 30+3 days. However, treatment of 48 h intensified weight loss, decay and solubilization of pectin, reducing the fruit quality. The treatments using ethylene application and LDPE 60 μm with or without 1-MCP ACS reduced the woolliness, weight loss and showed higher values of phenolic compounds, antioxidant capacity and color angle for 30+3 days. The application of LDPE and ethylene 80 μm with or without 1-MCP ACS was effective in reducing woolliness and maintaining other quality attributes until 40+3 days. Heat treatment 24 or 48 h and LDPE 60 or 80 μm reduced woolliness and weight loss, besides presenting greater activity of polygalacturonase, phenolic compounds and antioxidant capacity, expanding the storage to 30+3 days. The application of LDPE 80 μm and ethylene with or without 1-MCP ACS are the best treatments for this cultivar, extending the shelf life of fruits under refrigeration to 40 days.

Keywords: *Prunus persica*; Postharvest techniques; Chilling injury; Cell wall enzymes; Cold storage

1 INTRODUÇÃO

O pêssego (*Prunus persica* L. Batsch) é um dos frutos mais consumidos e apreciados *in natura* em todo o mundo, pelo seu sabor, aparência e valor econômico. O maior produtor mundial atualmente é a China, sendo que o Brasil ocupa a décima terceira colocação (FAO, 2015). As principais regiões produtoras são Sul e Sudeste, nos Estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, respectivamente (FNP, 2012).

As variedades de pêssego plantadas no estado de São Paulo têm ganhado destaque na produção nacional, pois são variedades precoces e que possuem pouca exigência de horas de frio, garantindo boa produtividade de frutos na entressafra das principais regiões produtoras brasileiras, assim como da maioria dos países produtores localizados no Hemisfério Sul, como Chile, Argentina, Uruguai e África do Sul (PEREIRA; NACHTIGAL; ROBERTO, 2002).

A cultivar Douradão foi obtida pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Campinas, lançada em 1998 (BARBOSA, 2015), e tornou-se uma das principais cultivares plantada no Estado de São Paulo. Nos últimos anos, produtores, atacadistas e consumidores têm apresentado grande interesse por essa cultivar que apresenta frutos mais adocicados, com menor acidez, coloração mais avermelhadas e com grande calibre. Esses parâmetros de qualidade têm garantido tendência de melhores preços na comercialização dentre as cultivares mais comercializadas no CEAGESP de São Paulo (ALMEIDA; DURIGAN, 2006).

Dentre os frutos de clima temperado, o pêssego caracteriza-se como um dos mais perecíveis (BLEINROTH, 1986), onde o manuseio inadequado contribui para elevação da desidratação, perda de firmeza da polpa e apodrecimento (KLUGE et al., 1997). Esse fato limita a comercialização por causar desvalorização no preço do produto final (SANTOS et al., 2008). O aumento da produção de pêssego nos últimos anos, associado ao curto período de safra, torna essencial o manuseio adequado na pós-colheita a fim de proporcionar transporte dos frutos a longas distâncias (GIEHL, 2006) e aumentar o período de oferta do fruto para o mercado consumidor (BRACKMANN; STEFFENS; GIEHL, 2003).

Dentre as técnicas mais utilizadas para prolongar a vida útil de pêssego destaca-se a refrigeração, entretanto, o armazenamento de pêssego abaixo de 10°C por períodos prolongados pode causar injúrias por frio. A lanosidade é um dos

principais tipos de injúria de frio, sendo caracterizada por polpa farinácea, perda de suculência e sabor, reduzindo a qualidade e aceitação dos frutos pelos consumidores.

A lanosidade e as podridões são as principais causas de perdas em frutos de caroço em todo o mundo, tornando evidente a necessidade de se desenvolver técnicas que possam ser associadas ao armazenamento refrigerado para o controle desses problemas.

Na tentativa de manter os benefícios da refrigeração, reduzir a lanosidade e a incidência de podridões, novas técnicas complementares à refrigeração vem sendo testadas. Dentre essas técnicas temos a aplicação de etileno, tratamento térmico, aplicação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) e modificação da atmosfera.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de conservação pós-colheita de pêssego 'Douradão' refrigerado. Além de determinar os principais efeitos fisiológicos e bioquímicos da aplicação de etileno, 1-MCP, atmosfera modificada passiva e condicionamento térmico em associação com o armazenamento refrigerado.

Os resultados irão possibilitar a utilização de tecnologias integradas para o armazenamento refrigerado, as quais permitirão a ampliação do período de conservação, mantendo a qualidade dos frutos e gerando a satisfação dos consumidores.

Referências

ALMEIDA, G.V.B.; DURIGAN, J.F. Relação entre as características químicas e o valor dos pêssegos comercializados pelo sistema veiling frutas Holambra em Parapanapanema-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 218-221, 2006.

BARBOSA, W. **Pêssego 'IAC Douradão'**. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Pessego/Douradao\(IAC6782-83\).htm](http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Pessego/Douradao(IAC6782-83).htm)>. Acesso em: 02 jun. 2015.

BLEINROTH, E.W. Recomendações para armazenamento. **Toda Fruta**, São Paulo, v. 5, p. 34-37, 1986.

FAO. **Statistical databases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acessado em: 04 jun. 2015.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. Pêssego. In: _____. **AGRIANUAL 2012:** anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2012. p. 404.

GIEHL, R.F.H. **Controle da lanosidade, em pêssegos ‘Chiripá’, com o uso de atmosfera controlada e etileno.** 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GIRARDI, C.L.; MARTINS, C.R.; PARUSSOLO, A.; TOMASI, R.J.; CORRENT, A.R.; ROMBALDI, C.V. Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chipará, **Revista Brasileira Agrociência**, Maringá, v. 9, n. 2, p. 157-161, 2003.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHAVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado.** Pelotas: Ed. UFPel, 1997. 163 p.

PEREIRA, F.M.; NACHTIGAL, J.C.; ROBERTO, S.R. **Tecnologia para a cultura do pessegueiro em regiões tropicais e subtropicais.** Jaboticabal: FUNEP, 2002. 62 p.

SANTOS, C.A.A.; CASTRO, J.V.; PICOLI, A.A.; ROLIM, G.S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos ‘Douradão’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais de pêssego

O pêssego (*Prunus persica* L. Batsch) é um fruto originário da China, pertence à família Rosaceae e faz parte do grupo de frutas com caroço de maior expressão econômica mundial (RASEIRA; CENTELLAS-QUEZADAS, 2003). É a oitava fruta mais produzida no mundo com 15,4 milhões de toneladas por ano, com pomares ocupando uma área de 1,4 milhões de hectares, sendo uma das frutas mais consumidas *in natura*, devido ao seu sabor, aparência e valor econômico.

Segundo a FAO (2015), o maior produtor mundial de pêssego e nectarina é a China, com 12 milhões de toneladas por ano. O Brasil ocupa a décima terceira colocação mundial e tem como principais regiões produtoras o Sul e Sudeste, com uma área plantada de 121.632 hectares e produzindo aproximadamente 233 mil toneladas por ano (FAO, 2015). O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional com aproximadamente 62% da produção, seguido por São Paulo, com 14% (FNP, 2012).

O pêssego faz parte do grupo de frutos de caroço, que se caracterizam por apresentar endocarpo lignificado, rodeado de polpa ou mesocarpo e epicarpo (casca) delgado. No gênero *Prunus*, os frutos apresentam uma característica em comum que é a presença de sutura no plano longitudinal, mais ou menos pronunciada de acordo com a cultivar (BRADY, 1993; ZANETE; BIASE, 2004).

O pêssego é um fruto climatérico caracterizado por apresentar aumento na taxa respiratória e na liberação endógena de etileno durante o amadurecimento (ALMEIDA; DURIGAN, 2006). Essas características permitem que os frutos continuem a amadurecer mesmo após a colheita, promovendo o amolecimento da polpa, aumento nos teores de açúcares e alteração da coloração e do aroma (CANTILLANO, 2003).

O pêssego 'Douradão' tem sido uma das mais cultivadas pelos produtores nas regiões paulistas, abrangendo as latitudes entre 22°30' e 24°30', que apresentam desde 0 até 200 horas anuais de frio inferiores a 7°C. Essa variedade caracteriza-se por apresentar formato globoso-oblongo, com diâmetro transversal de 6 cm, de coloração externa até 90% vermelho-estriada sobre fundo amarelo-claro, massa média de 160 g, polpa amarela espessa, firme, medianamente succulenta e

sem aderência ao caroço, apresenta sabor doce-acidulado bem equilibrado e agradável, com 16°Brix e pH 4,5 com amadurecimento dos frutos em meadas de outubro (BARBOSA, 2015), e tem tido grande aceitação pelos atacadistas e consumidores (ALMEIDA; DURIGAN, 2006).

Estudos relataram que pêssegos 'Douradão' possuem altos teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante, que são responsáveis por prevenir ou diminuir os danos oxidativos promovidos pelos radicais livres (espécies reativas de oxigênio) em lipídios, proteínas e ácidos nucleicos nas células (COUTO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Estes compostos também são comumente associados à redução de algumas doenças crônicas e degenerativas (SANTOS et al., 2013; VIEIRA et al., 2011; NEVES, 2012).

2.2 Etileno

O etileno é um composto volátil de dois carbonos (C_2H_4), que é produzido endogenamente e que em concentrações muito baixas, em torno de $0,1 \mu L L^{-1}$, pode induzir uma série de respostas fisiológicas, como o amadurecimento e a senescência (WATADA, 1986). O envolvimento do etileno no processo de amadurecimento tem sido comprovado em plantas transformadas geneticamente, onde a inibição da síntese de etileno reduz ou inibe o amadurecimento (PICTON et al., 1993; AYUB et al., 1996; SILVA et al., 2004).

O etileno tem um importante papel durante o amadurecimento de frutos climatéricos, iniciando e coordenando diversos processos, tais como desenvolvimento de cor, amolecimento e formação do aroma (BALBONTIN et al., 2007).

Para descrever os diferentes padrões de biossíntese de etileno, que ocorrem em frutos não-climatéricos e climatéricos, foram propostos dois tipos de sistemas, o sistema I e II, respectivamente. A produção basal de etileno pelo sistema I é baixa e, geralmente, é inibida pela aplicação de etileno exógeno (autoinibição), esse sistema está presente nos frutos não-climatéricos, em frutos climatéricos que estão na fase pré-climatérica e em tecidos vegetativos, sendo que para o sistema II ocorre um aumento drástico na síntese autocatalítica de etileno, concomitante com o amadurecimento de frutos climatéricos (OETIKER; YANG, 1995; ALEXANDER; GRIERSON, 2002; PECH et al., 2012).

O etileno é produzido por uma rota que tem como precursor a S-adenosil-L-metionina (SAM). No início dessa via metabólica, o aminoácido metionina é convertido a SAM pela ação da enzima SAM sintetase (EC 2.5.1.6), numa reação que consome energia na forma de ATP. A conversão de SAM ao aminoácido cíclico ácido 1-aminociclopropeno-1-carboxílico (ACC) é catalisada pela enzima ACC sintase (S-adenosil-L-metionina metiltioadenosinaliase) (EC 4.4.1.14). Posteriormente o ACC é convertido em etileno pela ação da ACC oxidase (EC 1.4.3). Além do etileno, a oxidação do ACC pela ACC oxidase gera CO₂, cianeto (HCN) e água (YANG; HOFFMAN, 1984).

A ação do etileno é dependente da sua ligação a um receptor, que em *Arabidopsis* é designado ETR1 (FLUHR; MATOO, 1996). Após a ligação do etileno aos receptores inicia-se uma cascata de transdução de sinal, que culmina na regulação transcricional de alguns genes no núcleo (GUO; ECKER, 2004). Chen et al. (2002) descobriram que a percepção e a sinalização do etileno ocorre no retículo endoplasmático, desencadeando diversas respostas fisiológicas e bioquímicas.

Na conservação pós-colheita de frutas, uma das principais tecnologias utilizadas é a refrigeração, que é responsável por reduzir o metabolismo, promovendo consequentemente a redução na produção de etileno. Entretanto, em algumas cultivares de pêssegos e nectarinas a inibição do etileno pode causar injúria por frio, reduzindo a qualidade dos frutos e a aceitabilidade pelo consumidor (LURIE; CRISOSTO, 2005).

2.3 Injúria por frio

Dentre as técnicas mais utilizadas e eficientes para prolongar o armazenamento dos vegetais destaca-se a refrigeração, que retarda o metabolismo do vegetal pela diminuição da taxa respiratória e atividade enzimática (SOUZA et al., 2009). Entretanto, somente a utilização de baixas temperaturas por períodos prolongados pode ser insuficiente para preservar a qualidade de frutos de caroço como pêssegos e nectarinas, conduzindo o aparecimento de injúrias fisiológicas ocasionadas pelo frio, cujos sintomas surgem somente durante a fase de comercialização, após a retirada do produto da condição refrigerada (ZHOU et al., 2001; NAVA; BRACKMANN, 2002; LURIE; CRISOSTO, 2005).

Segundo Crisosto e Labavitch (2002), o aparecimento de injúrias causadas pelas baixas temperaturas limita o armazenamento de pêssegos e podem ser caracterizados por alterações na textura da polpa ou lanosidade ("wolliness") e pelo escurecimento da polpa ("internal browning"). Esses sintomas podem surgir após duas ou três semanas de armazenamento em temperatura inferior a 10°C e subsequente exposição dos frutos em temperatura ambiente por dois ou três dias.

A lanosidade é uma injúria fisiológica de difícil detecção durante o armazenamento refrigerado, pois visualmente não é possível verificar diferenças externas entre frutos sadios e frutos lanosos, sendo percebida pelo consumidor somente após a exposição da fruta à temperatura ambiente (LUCHSINGER; WALSH 1998).

A lanosidade, em algumas cultivares de pêssegos, é um dos principais sintomas de injúrias pelo frio, estando relacionado ao desequilíbrio na atividade das enzimas pécticas, pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG) na fase de maturação dos frutos (ZHOU; BEN-ARIE; LURIE, 2000). A lanosidade é causada pela contínua desesterificação das pectinas promovida pela PME, sem a despolimerização sincronizada destas pectinas, devido à redução na atividade da PG, conduzindo ao acúmulo de compostos pécticos de baixo grau de metoxilação e alto peso molecular, que se mantêm insolúveis e formam gel com água livre no apoplasto da célula (BEN-ARIE; SONEGO, 1980; ZHOU; BEN-ARIE; LURIE, 2000; BRUMMELL et al., 2004).

A lanosidade é caracterizada por promover escassez do suco, ressecamento na polpa, aparência farinácea, perda de suculência e sabor, acompanhada ou não por escurecimento interno do fruto (ZHOU; BEN-ARIE; LURIE, 2000).

Bron, Jacomino e Appezzato-da-Glória (2002) após estudarem os aspectos anatômicos de pêssego 'Dourado-2', verificaram que os frutos com lanosidade apresentaram um acúmulo de substâncias pécticas nos espaços intercelulares e no mesocarpo, além de células parenquimáticas com contorno irregular, fragmentação nuclear e perda de adesão entre paredes celulares adjacentes.

2.4 Pectinametilesterase e poligalacturonase

Durante o crescimento celular, os homogalacturanos são secretados nas paredes celulares com um elevado grau de metilesterificação, sendo

progressivamente desmetilesterificados pelas enzimas pectinametilesterases (PME; EC 3.1.1.11), enzimas que hidrolisam o grupamento metiléster da posição C-6 dos resíduos dos homogalacturonos das pectinas, formando pectinas com menor grau de metilação e metanol (FISCHER; BENNETT, 1991; BRUMMELL; HARPSTER, 2001). Como as poligalacturonases (PGs) são mais eficientes na degradação de pectinas desmetilesterificadas (KOCH; NEVINS, 1989), a ação das PMEs determina quais pectinas serão suscetíveis à atividade das PGs. A atividade das PMEs é detectada durante todas as fases do desenvolvimento dos frutos, sendo que picos de atividade são observados quando os frutos são ainda pequenos e imaturos e logo no início do processo de amadurecimento (HARRIMAN; TIEMAN; HANDA, 1991). A firmeza da polpa de frutos de plantas antisenso para esse gene não decresceu durante o amadurecimento, sendo acompanhado por níveis reduzidos das enzimas PME e PG (LU et al., 2001).

As poligalacturonases (PGs; poli (1→4- α -D-galacturonídeo) glicanohidrolases) são enzimas que catalisam a clivagem das ligações α -(1→4), sendo de dois tipos, as que atuam de forma exo-PG e de forma endo-PG (BRUMMELL; HARPSTER, 2001). As exo-PGs (EC 3.2.1.67) removem unidades simples de ácido galacturônico somente das terminações não-redutoras dos homogalacturonanos, enquanto as endo-PGs (EC 3.2.1.15) clivam esse polímero de maneira aleatória (BRUMMELL; HARPSTER, 2001). Como os homogalacturonos são secretados na parede celular numa forma altamente metilesterificada, para tornarem-se os substratos das PGs, eles devem ser desmetilesterificados pela PME (CARPITA; GIBEAUT, 1993).

Pêssegos das variedades que perdem rapidamente sua firmeza da polpa, durante o amadurecimento (polpa fundente), apresentam, além da atividade das exo-PGs, um aumento drástico na atividade das endo-PGs, entretanto, em pêssegos com caroço preso e que não apresentam essa redução acentuada da firmeza da polpa (polpa não fundente) é detectada somente a atividade da exo-PG (PRESSEY; AVANTS, 1978). A expressão das famílias PGs é proveniente de grandes famílias multigênicas que ocorrem durante o amadurecimento, no entanto, poucos genes são expressos de fato, e o etileno está envolvido na regulação desse processo na maioria dos frutos (PRESSEY; AVANTS, 1978). Brummell et al. (2004) observaram que a síntese da PG é regulada pelo etileno, sendo que a baixa produção de etileno

durante a refrigeração reduz a atividade dessa enzima, causando injúria por frio, como a lanosidade em frutos de caroço.

2.5 1-metilciclopopeno

A ação do etileno pode ser bloqueada pela utilização de compostos que atuem nos seus sítios receptores, como por exemplo, o 1-metilciclopopeno (1-MCP). Esse composto vem sendo amplamente testado e utilizado na conservação de flores, hortaliças e frutas, sendo responsável pelo aumento na vida útil destes produtos (SEREK; TAMARI; SISLER, 1995; BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Em frutos, a aplicação de 1-MCP promove efeitos benéficos na redução da atividade respiratória e produção de etileno, manutenção da firmeza e da coloração da casca e aumento da vida útil (BLANKENSHIP; DOLE, 2003; ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2000; FINGER; VIERA, 2002). A concentração e o tempo de exposição das frutas são fatores limitantes para uma boa resposta à ação do 1-MCP, variando de acordo com a espécie e cultivar, o estágio de maturação e a temperatura (RUPASINGHE et al., 2000).

O 1-MCP pode ser aplicado imediatamente após a colheita, durante o armazenamento e transporte ou nos centros de distribuição. No entanto, para se obter máxima eficiência, o tratamento deve ser feito o mais próximo possível da colheita e, preferencialmente, em temperatura ambiente, sendo a ligação do produto aos sítios receptores de etileno nos frutos relativamente rápida, variando de 4 a 12 horas (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

Em cultivares de pêssegos não sensíveis à lanosidade, o 1-MCP tem apresentado efeito benéfico, reduzindo a perda de firmeza e aumentando a conservação dos frutos (KLUGE; JACOMINO, 2002; OLIVEIRA et al., 2005). Entretanto, em cultivares sensíveis à lanosidade, o bloqueio com 1-MCP em baixas temperaturas pode aumentar a lanosidade dos frutos (DONG et al., 2001; GIRARDI et al., 2005).

Girardi et al. (2003) verificaram que pêssegos refrigerados e tratados com 1-MCP tiveram a ação de etileno diminuída, resultando em frutos com maior firmeza da polpa e menor perda de coloração e, conseqüentemente, com maior tempo de conservação. Pinto e Jorge (2007) observaram que aplicação de 60 e 90 nL L⁻¹ de 1-

MCP reduziu a produção de CO₂ e aumentou a conservação de pêssegos 'Aurora I' para cinco semanas a 0°C.

No entanto, estudos também mostraram que a aplicação de 1-MCP em algumas cultivares de fruto de caroço não apresentaram efeitos significativos no aumento da vida útil dos frutos. Kluge et al. (2008) não observaram diferença na perda de firmeza e na coloração dos frutos com ou sem a aplicação de 1-MCP em ameixa 'Reubennel' colhido em dois estágio de maturação e em nectarinas 'Josefina' e 'Rosalina'.

Segundo Rasori et al. (2002) e Blankenship e Dole (2003), a ligação do 1-MCP aos sítios receptores do etileno já existente nos frutos é irreversível, entretanto, em algumas cultivares de pêssego a formação de novos sítios receptores pode ocorrer de forma rápida, fazendo com que os frutos amadureçam rapidamente, mesmo com a aplicação desse composto.

2.6 Atmosfera modificada

A utilização da atmosfera modificada (AM) associada à refrigeração tem sido considerada uma boa técnica para prolongar o tempo de armazenamento de frutas e hortaliças, garantindo qualidade ao produto (KADER; WATKINS, 2000).

Para a obtenção de atmosfera modificada pode-se recorrer a diversos métodos, tais como manter o produto em embalagens e/ou filmes plásticos e utilizar ceras ou similares (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992; TAVARES; CHITARRA; CHITARRA, 1991). A utilização de embalagens de filmes plásticos durante o armazenamento refrigerado promove maior umidade relativa ao redor das frutas, reduzindo o déficit de pressão e vapor e, conseqüentemente a transpiração prolongando assim a vida útil destas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Caner, Aday e Demir (2008), a chave para o sucesso da AM para os produtos frescos é a utilização de embalagens com taxa de permeabilidade intermediária, onde um desejável equilíbrio da atmosfera modificada seja estabelecido quando a taxa de transmissão de O₂ e CO₂ pela da embalagem se equilibrar com a taxa respiratória. O nível de O₂ é reduzido e o de CO₂ aumentado no interior da embalagem em função da massa e da taxa de respiração dos frutos, da área de superfície e da taxa de transmissão do material da embalagem (KARTAL; ADAY; CANER, 2012). No entanto, alterações nos níveis desses gases não deve

ultrapassar um limite crítico (BEAUDRY, 1999). Níveis muito baixos de O_2 podem causar respiração anaeróbica e altos níveis de CO_2 podem também causar reações de fermentação, provocando desordens fisiológicas e deteriorações bioquímicas no produto embalado (GORRIS; PEPPELENBOS, 1992).

Estudos realizados mostram que o acondicionamento de pêssegos em AM associados à refrigeração promove a redução da perda de massa, manutenção da firmeza da polpa e podem reduzir danos causados pelo frio em algumas variedades (ZOFFOLI; BALBONTIN; RODRIGUES, 2002; GIRARDI et al., 2003; SANTOS, et al., 2008). Kluge et al. (1999), após avaliarem a utilização de polietileno de baixa densidade (PEBD) em frutos de pêssego, observaram que as modificações da atmosfera reduziram a perda de massa dos frutos. Santana, Benedetti e Sigrist (2010) verificaram que a utilização de atmosfera modificada ativa em filme PEBD 60 μm , associado ao armazenamento refrigerado de pêssegos, reduziu a ocorrência de lanosidade e podridões, além de manter a firmeza da polpa por 28 dias. Nunes et al. (2004) verificaram menor perda de massa e maior firmeza da polpa em pêssegos 'Aurora 2' por 10 dias quando utilizaram filmes de PEBD 60 μm .

2.7 Condicionamento térmico

Em razão dos problemas encontrados durante o armazenamento refrigerado de frutos de caroço, é necessário o desenvolvimento de técnicas que contribuam para o aumento no período de armazenamento e a garantia da qualidade durante a comercialização. Os tratamentos químicos geralmente são prejudiciais ao homem e ao ambiente e por isso estão sendo cada vez menos utilizados. Assim, tratamentos físicos e alternativos estão sendo pesquisados em várias frutas e podem representar mudança nos tratamentos pós-colheita, além de ter boa receptividade entre os produtores e consumidores (COSTA, 2011).

Na tentativa de reduzir as injúrias pelo frio, técnica como o condicionamento térmico tem sido testada em diferentes frutos. Esta técnica consiste em expor os frutos às temperaturas moderadas ou elevadas, por curtos períodos, antes de refrigerá-los (RETAMALES et al., 1992; STREIF; RETAMALES; COOPER, 1994; ZHOU; BEN-ARIE; LURIE, 2000; CRISOSTO et al., 2004; LURIE; CRISOSTO, 2005).

O condicionamento em temperatura moderada (15-25°C) reduziu as injúrias pelo frio em mamão (PAULL; CHEN, 2000), manga (THOMAS; JOSHI, 1988) e limão (HOUCK; JENNER; BIANCHI, 1990). Efeitos semelhantes também foram observados em laranjas 'Valência', tangor 'Murcott', lima ácida 'Thaiti' (KLUGE et al., 2007), e em nêspas 'Fukuhara' (EDAGI et al., 2009). Vitti et al. (2007) e Sasaki (2009) observaram que condicionamento térmico e refrigeração por 30 dias a 0°C reduziu a lanosidade de pêssegos 'Dourado-2' e 'Douradão', respectivamente. Crisosto et al. (2004) também observaram aumento no período de armazenagem de pêssegos 'Summer Lady' e 'Ryan Sun' condicionados por 48 horas a 20°C por reduzir a lanosidade sem prejudicar os outros parâmetros de qualidade.

No entanto, resultados contrários também foram observados em ameixas 'Gulfblaze' e pêssegos 'Maciel' onde o uso do condicionamento térmico não foi efetivo na redução de injúria por frio e antecipou o amadurecimento dos frutos, causando redução na qualidade dos frutos (SEIBERT et al., 2010; COSTA, 2011).

Segundo Seibert et al. (2007) é de extrema relevância que sejam realizadas estudos com condicionamento térmico em diferentes variedades de pêssego, já que as informações ainda não são conclusivas, e o efeito desta técnica pode variar em cada cultivar.

Referências

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, p. 2039-2055, 2002.

ALMEIDA, G.V.B.; DURIGAN, J.F. Relação entre as características químicas e o valor dos pêssegos comercializados pelo sistema veiling frutas Holambra em Parapanapanema-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 218-221, 2006.

ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X. Controle do amadurecimento de frutas manipulação da ação do etileno com 1-metilciclopropeno para preservação pós-colheita de maçãs e peras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 236-243.

AYUB, R.; GUIS, M.; BEM-AMOR, M.; GILLOT, L.; ROUSTAN, J-P.; LATCHÉ, A.; BOUZAYEN, M.; PEACH, J-C. Expression of ACC oxidase antisense gene inhibits ripening of cantaloupe melon fruits. **Nature Biotechnology**, London, v. 14, p. 862-866, 1996.

BALBONTÍN, C.; GAETE-EASTMAN, C.; VERGARA, M.; HERRERA, R.; MOYA-LÉON, M.A. Treatment with 1-MCP and the role of ethylene in aroma development of mountain papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 67-77, 2007.

BARBOSA, W. **Pêssego 'IAC Douradão'**. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Pessegueo/Douradao\(IAC6782-83\).htm](http://www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Pessegueo/Douradao(IAC6782-83).htm)>. Acesso em: 02 jun. 2015.

BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 293–303, 1999.

BEN-ARIE, R.; SONEGO, L. Pectolytic enzyme activity involve woolly breakdown of stored peaches. **Phytochemistry**, Oxford, v. 19 p. 2553-2555, 1980.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRADY, C.J. Stone fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. chap. 13, p. 379-404.

BRON, I.U.; JACOMINO, P.A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1349-1358, 2002.

BRUMMELL, D.A.; HARPSTER, M.H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 47, p. 311–340, 2001.

BRUMMELL, D.A.; DAL CIN, V.; LURIE, S.; CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.

CANER, C.; ADAY, M.; DEMIR, M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, p. 1575–1583, 2008.

CANTILLANO, F.F. Pós-colheita em fruteiras de caroço. In: MONTEIRO L.B.; MIO, L.L.M. de; MONTE SERRAT, B.; CUQUEL, F.L. (Ed.). **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 317-332.

CARPITA, N.C.; GIBEAUT, D.M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **Plant Journal**, Malden, v. 3, p. 1-30, 1993.

CHEN, Y-F.; RANDLETT, M.D.; FINDELL, J.L. SCHALLER, G.E. Localization of the ethylene receptor ETR1 to the endoplasmic reticulum of Arabidopsis. **The Journal Biological Chemistry**, Easton, v. 277, p. 19861–19866, 2002.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COSTA, S.M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas ‘Gulfbreeze’ frigorificadas**. 2011. 70 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Faculdade de Ciencias Agronomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.

COUTO, M.A.L.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, p. 15-19, 2010.

CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus Persica*) flesh mealiness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 151-158, 2002.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; ANDRIS, H.L.; DAY, K.R. Controlled delayed cooling extends peach market life. **Hort Technology**, Alexandria, v. 14, p. 99–104, 2004.

DONG, L.; ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 105-115, 2001.

EDAGI, F.K.; SESTARI, I.; SASAKI, F.F.; CABRAL, S.M.; MENEHINI, J.; KLUGE, F.A. Aumento do potencial de armazenamento refrigerado de nêspas ‘Fukuhara’ com o uso do tratamento térmico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1270-1276, 2009.

FAO. **Statistical databases**. Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acessado em: 04 jun. 2015.

FINGER, F.L.; VIEIRA, G. Fisiologia de frutos tropicais e subtropicais. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Fisiologia pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. v. 1, p. 1-30.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 675-703, 1991.

FLUHR, R.; MATOO, A.K. Ethylene-biosynthesis and perception. **Critical Reviews in Plant Sciences**, London, v. 15, n. 5/6, p. 479-523, 1996.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. Pêssego. In: _____. **AGRIANUAL 2012: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 2012. p. 404.

GIRARDI, C.L.; MARTINS, C.R.; PARUSSOLO, A.; TOMASI, R.J.; CORRENT, A.R.; ROMBALDI, C.V. Efeito da aplicação de 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chipará, **Revista Brasileira Agrociência**, Maringá, v. 9, n. 2, p. 157-161, 2003.

GIRARDI, C.L.; CORRENT, A.R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M.R.; COSTA, T.S.; BRACKMANN, A.; TWYMAN, R.M.; NORA, F.R.; NORA, L.; SILVA, J.A.; ROMBALDI, C.V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 25-33, 2005.

GORRIS, L.G.M.; PEPPELENBOS, H.W. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. **Hort Technology**, Alexandria, v. 2, n. 3, p. 303-309, 1992.

GUO, H.; ECKER, J.R. The ethylene signaling pathway: new insights. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 7, p. 40-49, 2004.

HARRIMAN, R.W.; TIEMAN, D.M.; HANDA, A.K. Molecular cloning of tomato pectin methylesterase gene and its expression in Rutgers, ripening inhibitor, non ripening, and Never Ripe tomato fruits. **Plant Physiology**, Rockville, v. 97, p. 80-87, 1991.

HOUCK, L.G.; JENNER, J.F.; BIANCHI, J. Holding lemon fruit at 5°C or 15°C before cold treatments reduces chilling injury. **HortScience**, Alexandria, v. 25, p. 1174, 1990.

KADER, A.A.; WATKINS, C.B. Modified atmosphere packaging: toward 2000 and beyond. **Hort Technology**, Alexandria, v. 10, n. 3, p. 483-486, 2000.

KARTAL, S.; ADAY, M.S.; CANER, C. Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 71, p. 32-40, 2012.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Shelf life of peaches treated with 1-methylciclopropene. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 69-72, 2002.

KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; JACOMINO, A.P.; MARQUES, C. Embalagens plásticas para pêssegos 'flordaprince' refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 843-850, 1999.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; ALVES, R.M.; CASTRO, P.R.C.; AGUILA, J.S.D. Efeito do 1-metilciclopropeno em ameixa e nectarina. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Cidade do México, v. 9, p. 26-33, 2008.

KLUGE, R.A.; JOMORI, M.L.L.; EDAGI, F.K.; JACOMINO, A.P.; AGUILA, J.S.D. Danos de frio e qualidade de frutas cítricas tratadas termicamente e armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 233-238, 2007.

KOCH, J.L.; NEVINS, D.J. Tomato fruit cell wall. 1. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to identify developmental changes in pectins. **Plant Physiology**, Washington, v. 91, p. 816-822, 1989.

LU, C.; ZAINAL, Z.; TUCKER, G.A.; LYCETT, G.W. Developmental abnormalities and reduced fruit softening in tomato plants expressing an antisense Rab1GTPase gene. **The Plant Cell**, Rockville, v. 13, p. 1819-1833, 2001.

LUCHSINGER, L.E.; WALSH, C.S. Chilling injury of peach fruit during storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 464, p. 473-480, 1998.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine: review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 195-208, 2005.

NAVA, G.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

NEVES, L.C. Frutos: o remédio do futuro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. i, 2012.

NUNES, E.E.; BOAS, B.M.V.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, L.C.O. Vida útil de pêssegos 'Aurora 2' armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 438-440, 2004.

OETIKER, J.H.; YANG, S.F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 398, p. 167-178, 1995.

OLIVEIRA, F.E.R.; ABREU, C.M.P.; ASMAR, S.A.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C.D. Firmeza de pêssegos 'Diamante' tratados com 1-MCP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 366-368, 2005.

PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Heat treatments and fruits ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 1, p. 21-37, 2000.

PECH, J-C.; PURGATTO, E.; BOUZAYEN, M.; LATCHE, A. Ethylene and fruit ripening. **Annual Plant Reviews**, London, v. 44, p. 275-304, 2012.

PEREIRA, W.S.P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais; doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 31-44.

PICTON, S.; BARTON, S.L.; BOUZAYEN, M.; HAMILTON, A.J.; GRIERSON, D. Altered fruit ripening and leaf senescence in tomatoes an antisense ethylene-forming enzyme transgene. **Plant Journal**, Malden, v. 3, n. 3, p. 469-481, 1993.

PINTO, L.C.B.; JORGE, J.T. Utilização de 1-metilciclopropeno e resfriamento rápido na conservação de pêssegos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 238-246, 2007.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Differences in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, p. 1415-1423, 1978.

RASEIRA, M.C.B.; CENTELLAS-QUEZADA, A. **Pêssego: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 162 p.

RASORI, A.; RUPERTI, B.; BONGHI, C.; TONUTTI, P.; RAMINA, A. Characterization of two putative ethylene receptor genes expressed during peach fruit development and abscission. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, p. 2333-2339, 2002.

RETAMALES, J.; COOPER, T.; STRIEF J.; KANIA, J. Preventing cold storage disorders in nectarines. **Hort Science**, Alexandria, v. 67, p. 619-626, 1992.

RUPASINGHE, H.P.V.; MURR, D.P.; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 75, p. 271-276, 2000.

SANTANA, L.; BENEDETTI, C.B.; SIGRIST, J.M.M. Sensory characteristics of 'Douradão' peaches submitted to modified atmosphere packaging. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 700-708, 2010.

SANTOS, C.A.A.; CASTRO, J.V.; PICOLI, A.A.; ROLIM, G.S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.

SANTOS, C.M.; ABREU, C.M.P. FREIRE, J.M.; CORRÊA, A.D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 339-344, 2013.

SASAKI, F.F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**, 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2009.

SEIBERT, E.; LEÃO, M.L.; RIETH, S.; BENDER, R.J. Efeitos do condicionamento na qualidade de pêssegos 'Maciel'. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 477-483, 2010.

SEIBERT, E.; CASALI, M.E.; LEÃO, M.L.; RIETH, S.; PEZZI, E.; CORRENT, A.R.; BRANDELLI, A.; BENDER, R.J. Efeito do condicionamento térmico na prevenção de danos por frio em pêssegos 'Granada'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Maringá, v. 13, n. 4, p. 513-519, 2007.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 394, p. 337-345, 1995.

SILVA, J.A.; COSTA, T.T.S.; LUCCHETTA, L.; MARINI, L.J.; ZANUZO, M.R.; NORA, L.; NORA, F.R.; ROMBALDI, C.V. Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing na antisense 1-aminocyclopropene-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, p. 263-268, 2004.

SOUZA, A.V.; KOHATSU, D.S.; LIMA, G.P.P.; VIEITES, R. L. Conservação pós-colheita de pêssago com o uso da refrigeração e da irradiação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1184-1189, 2009.

STREIF, J.; RETAMALES, J.; COOPER, T. Preventing cold storage disorders in nectarines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 368, p. 160-166, 1994.

TAVARES, L.B.B.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Using modified atmosphere in the storage of two peaches cvs (*Prunus persica* (L.)). Batsch: 1. Potencial of conservation and quality. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 3/4, p. 401-413, 1991.

THOMAS, P.; JOSHI, M. R. Reduction of chilling injury in ripe 'Alphonso' mango fruit in cold storage by temperature conditioning. **International Journal of Food Scienc and Technology**, Malden, v. 23, p. 447-455, 1988.

VIEIRA, L.M.; SOUSA, M.S.B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

VITTI, D.C.C.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; LIMA, G.P.P. Tratamento térmico para controle da lanosidade em pêssagos 'Dourado-2' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1705-1713, 2007.

WATADA, A.E. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 82-85, 1986.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p. 155-189, 1984.

ZANETTE, F.; BIASI, L.A. Introdução à fruteiras de caroço In: MONTEIRO, L.B.; MAY -DE MIO, L.L.; SERRAT, B.M.; MOTTA, A.C.; CUQUEL, F.L. (Ed.). Fruteiras de caroço: uma visão ecológica. Curitiba: UFPR, p. 1-4. 2004.

ZHOU, H.; BEN-AIRE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, p. 191-195, 2000.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; BEN-AIRE, R.; DONG, L.; BURD, S.; WEKSLER, A.; LERS, A. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Wellesbourne, v. 76, p. 620-628, 2001.

ZOFFOLI, J.P.; BALBONTIN, S.; RODRIGUES, J. Effect of modified atmosphere packaging and maturity on susceptibility to mealiness and flesh browning of peach cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 592, p. 573-579, 2002.

3 APLICAÇÃO DE ETILENO REDUZ A LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE EM PÊSSEGOS 'DOURADÃO' ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO

Resumo

O pêssgo é um dos frutos mais produzidos no mundo e uma das mais apreciadas pelos consumidores devido ao seu sabor e aparência. Em temperatura ambiente, deteriora-se rapidamente tornando necessário o uso da refrigeração. Entretanto, a baixa temperatura pode promover danos por frio, limitando o armazenamento e a aceitação dos pêssgos pelo consumidor. Na cultivar Douradão, a lanosidade é a principal desordem fisiológica causada pela refrigeração, promovendo ressecamento na polpa, aparência farinácea e perda de suculência e de sabor. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos da aplicação de etileno em diferentes tempos de armazenamento e a aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) na saída da câmara fria (SCF) na redução da lanosidade e na manutenção da qualidade pós-colheita de pêssgos 'Douradão'. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Controle (frutos sem tratamento); Etileno aplicado no dia 0 (início do armazenamento); Etileno aplicado no dia 0 + 1-MCP na SCF; Etileno aplicado no dia 15 + 1-MCP na SCF; e Etileno aplicado no dia 0 + etileno aplicado no dia 15 + 1-MCP na SCF. A aplicação de etileno ($20 \mu\text{L L}^{-1}$) e 1-MCP (900 nL L^{-1}) foram realizadas em câmaras herméticas por 12 horas. O armazenamento dos frutos foi a 0°C por 30 ou 40 dias (+ 3 dias de comercialização simulada a 25°C). Os tratamentos com a aplicação de etileno, independente do momento da aplicação, apresentaram redução da lanosidade e aumentaram a perda de firmeza, mas não apresentaram diferença significativa na produção de etileno, podridão e perda de massa aos 30+3 dias. A aplicação de 1-MCP na SCF somente teve efeito na redução da atividade respiratória quando comparado ao tratamento com a aplicação de etileno e ao controle. A perda de firmeza dos frutos com a aplicação de etileno está relacionada com a redução da lanosidade, resultando em maior suculência da polpa e ampliando o período de comercialização. O armazenamento refrigerado não foi possível até 40+3 dias, pois neste período todos os tratamentos apresentaram lanosidade. A aplicação de etileno em diferentes tempos de armazenamento é eficiente para reduzir a lanosidade e manter a qualidade de pêssgo 'Douradão' até 30 dias sob refrigeração.

Palavras-chave: *Prunus persica*; Armazenamento refrigerado; 1-metilciclopropeno; Injúria por frio; Qualidade

Abstract

Peach is one of the most produced and most appreciated fruit in the world because of its taste and appearance. At room temperature, it deteriorates rapidly making the use of cold storage required. However, low temperatures can promote chilling injuries, limiting the storage and the acceptance by the consumer. In

'Douradão' cultivar, the woolliness is the main physiological disorder caused by low temperature, promoting pulp drying, mealy appearance and loss of juiciness and flavor. The aim of the study was to investigate the effects of ethylene application on different storage times and the application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) after cold storage (ACS) in reducing woolliness and maintaining the postharvest quality of 'Douradão' peaches. The fruit were submitted to the following treatments: control (untreated fruit); Ethylene applied at day 0 (start of storage); Ethylene applied at day 0 + 1-MCP ACS; Ethylene applied on day 15 + 1-MCP in ACS; Ethylene applied at day 0 + ethylene applied on day 15 + 1-MCP in the ACS. The application of ethylene ($20 \mu\text{L L}^{-1}$) and 1-MCP (900 nL L^{-1}) were carried out in airtight chambers for 12 hours. The fruit were stored at 0°C for 30 or 40 days (plus 3 days of simulated marketing at 25°C). The treatments with the application of ethylene, regardless the time of application, showed reduction of woolliness and increase of loss of firmness, but no significant difference in the production of ethylene, decay or weight loss at 30+3 days. The application of 1-MCP ACS had effect only on respiratory activity reduction when compared to treatment with exogenous ethylene and control. The loss of firmness of the fruit after the ethylene application is related to the reduction of woolliness, resulting in greater juiciness of the pulp and extending the marketing period. The cold storage was not possible up to 40+3 days, because all the treatments presented woolliness at the end of this period. The use of ethylene in different storage times is effective on the reduction of woolliness and maintenance of peach 'Douradão' quality for 30 days under refrigeration.

Keywords: *Prunus persica*; Cold storage; 1-methylcyclopropene; Chilling injury; Quality

3.1 Introdução

O pêssgo é um fruto de curta vida útil; possui rápida maturação e é altamente suscetível a podridões pós-colheita, sendo a refrigeração amplamente utilizada para retardar esses processos. No entanto, para frutos com caroço a refrigeração pode causar injúrias por frio, fazendo com que haja perda de qualidade dos frutos e redução da aceitabilidade pelo consumidor (LURIE; CRISOSTO, 2005).

A lanosidade é um tipo de injúria por frio resultante do desequilíbrio na atividade das enzimas pectinolíticas, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar uma estrutura em gel, conduzindo à ausência de suco e dando o aspecto farináceo (ZHOU; BEN-ARIE; LURIE, 2000). Estes sintomas aparecem somente na fase de comercialização após a saída dos frutos da câmara fria e exposição destes em temperatura ambiente, limitando a vida útil (CRISOSTO; LABAVITCH, 2002).

Algumas técnicas têm sido testadas em associação com a refrigeração na tentativa de prolongar o período de armazenamento e garantir a qualidade dos frutos de caroço, como a aplicação exógena de etileno. Brummell et al. (2004) observaram que a síntese da PG é regulada pela ação de etileno, e que a redução na produção do etileno durante o armazenamento refrigerado promove menor atividade de PG em pêssegos, gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau de esterificação e, conseqüentemente, provocando o aparecimento da lanosidade.

A aplicação prévia de etileno exógeno em câmara armazenamento a 0°C reduziu significativamente a lanosidade em pêssegos armazenados por 35 dias (GIRARDI et al., 2005) e nectarina (ZHOU et al., 2001), tendo promovido o restabelecimento da suculência dos frutos no período de comercialização simulada. Dong et al. (2001) observaram redução da lanosidade após a aplicação de etileno em câmara fria antes do armazenamento a 0°C durante 30 dias em nectarinas cv. Flavortop. Aplicação de 3 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno antes do armazenamento refrigerado reduziu a incidência de lanosidade em pêssego 'Elegant Lady' por 14 dias, no entanto, não se observou efeito significativo a partir de 21 dias de armazenamento (PALOU et al., 2003).

A ação do etileno pode ser bloqueada pela utilização do 1-metilciclopropeno (1-MCP) que, ao ligar-se aos sítios receptores, retarda o amadurecimento em frutos dependentes de etileno (ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2000; MATTHEIS; FAN, 2000). A concentração de 1-MCP necessária para bloquear a ação do etileno varia de acordo com a espécie e cultivar, o estágio de maturação e a temperatura (RUPASINGHE et al., 2000).

Foi verificado que, em fruto de caroço, o bloqueio da ação de etileno com 1-MCP incrementou a lanosidade sob baixas temperaturas (GIRARDI et al., 2005; JIN et al., 2011). Dong et al. (2001) verificaram que aplicação de 1-MCP em nectarinas antes da refrigeração aumentou a lanosidade, recomendando o uso deste composto durante o período de comercialização das frutas, como forma de aumentar sua vida útil.

A lanosidade juntamente com a incidência de podridão é responsável pela maior parte das perdas na qualidade pós-colheita de pêssegos e, desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia da aplicação de etileno antes e/ou durante a refrigeração e aplicação de 1-MCP na saída do armazenamento na redução da lanosidade e manutenção da qualidade.

3.2 Material e Métodos

Pêssegos ‘Douradão’ provenientes da região de Itupeva (SP) foram colhidos em estágio de maturação fisiológica (quebra da coloração verde de fundo) e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-Colheita, no departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em Piracicaba (SP), Brasil.

Os frutos foram selecionados e padronizados quanto à uniformidade, ausência de injúrias mecânicas e de patógenos visíveis. Os frutos foram acondicionados em caixas herméticas com capacidade de 186 L, onde receberam a aplicação de etileno (Etil – 5 com 5,5% de etileno, White Martins). O etileno foi aplicado em caixas herméticas, com uma seringa por septos de silicone presentes nas tampas. Amostras de 0,5 mL do gás de dentro das caixas foram retiradas com uma seringa de 1 mL por septos de silicone e injetadas em cromatógrafo a gás da marca Thermofinigan, modelo Trace 2000 GC e detector de ionização de chama (FID), para a comprovação da presença de $20 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Os frutos ficaram expostos ao etileno por 12 horas a 25°C e, posteriormente, foram refrigerados a 0°C . Para os tratamentos que receberam a aplicação de etileno aos 15 dias a aplicação foi realizada de forma semelhante aos que receberam o etileno no dia 0, exceto pela temperatura de aplicação que foi a 0°C dentro da câmara fria.

Para a aplicação de 1-MCP na saída da câmara de refrigeração utilizou-se o produto SmartFreshTM (i.a. 33 g kg^{-1} ; Rohm and Haas Química Ltda), na formulação em pó na concentração de 900 nL L^{-1} . O 1-MCP foi acondicionado em frascos herméticos de vidro de 10 mL, com posterior adição de 5 mL de água destilada com o uso de uma seringa pelo silicone presente na tampa. Em seguida os frascos foram agitados e abertos no interior das caixas herméticas por 12 horas.

Os tratamentos aplicados foram: T1- Controle (frutos sem tratamento); T2- Etileno aplicado no dia 0; T3- Etileno aplicado no dia 0 + 1-MCP aplicado na saída câmara fria (SCF); T4- Etileno aplicado no dia 15 dias + 1-MCP na SCF; e T5- Etileno aplicado no dia 0 + etileno aplicado no dia 15 + 1-MCP na SCF.

Todos os tratamentos foram armazenados em câmaras frias a 0°C e $90\pm 5\%$ UR durante 30 e 40 dias. Após este período, os frutos foram submetidos a um período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C e $60\pm 5\%$ UR.

As variáveis determinadas foram:

Índice de lanosidade: foi realizada segundo a metodologia de Nava e Brackmann (2002), com adaptações. A avaliação ocorreu de forma subjetiva, considerando a aparência e a quantidade de suco extraído a partir de extração manual dos frutos. Os frutos foram divididos em categorias: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso).

Incidência de podridão: foi avaliada pela contagem dos frutos que apresentaram lesões com diâmetro superior a 0,5 cm, características de ataque por fungos e bactérias. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com podridões.

Perda de massa: foi determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa verificada após tratamentos e armazenamento.

Coloração da casca: foi analisada com auxílio de um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300), sendo determinados os valores de ângulo de cor (h°) e chroma (C^*). Foram realizadas duas leituras por fruto, na região equatorial do fruto, avaliando-se a cor de fundo.

Teor de sólidos solúveis: determinou-se com o uso de refratômetro digital (Atago), com correção automática de temperatura para 20°C. Os resultados foram expressos em °Brix.

pH: Utilizou-se 10 g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. A leitura foi feita utilizando-se um pHmetro digital, com eletrodo de vidro (Tecnal, modelo Tec-2), conforme indicado pela AOAC (2010).

Acidez titulável: utilizou-se 10g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 0,1 N até pH 8,10. Os resultados foram expressos em % ácido málico.

Firmeza de polpa: utilizou-se um penetrômetro manual com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Foram efetuadas duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial os mesmos, após a remoção superficial da casca. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Taxa respiratória e produção de etileno: utilizou-se dois frutos por frascos herméticos, com capacidade de 600 mL. Os frascos foram fechados por 1 hora e posteriormente amostras de 0,5 mL do gás foram coletadas com uma seringa de 1 mL por um septo de silicone presente na tampa de cada frasco. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, modelo Trace 2000 GC) e detector de ionização de chama (FID). A atividade respiratória e a produção de

etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados. Os resultados para a taxa respiratória foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e para a produção de etileno em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Teores de pectina total, solúvel e % de solubilização das pectinas: o conteúdo de pectina total e solúvel foi extraído segundo a metodologia descrita por McCready e McComb (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente segundo metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em g de ácido galacturônico por 100 g de polpa ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). A % de solubilização das pectinas foi obtida com o uso da seguinte equação: % solubilização = (teor de pectina solúvel/teor de pectina total) x 100

Atividade da PME: foi determinada por meio de espectrofotometria, usando a metodologia adaptada de Ratner, Goren e Monseline (1969). A extração foi realizada triturando-se 5 g de amostra de polpa congelada com 20 mL de NaCl (0,2N) à 4°C (extrato enzimático). Foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica (1% - diluída em NaCl 0,2 N) com pH corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N), e posteriormente adicionado 5 mL do extrato enzimático. O pH foi novamente corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N) e a amostra foi titulada com NaOH (0,01 N) mantendo-se o pH a 7,0 durante 10 minutos. A atividade da PME foi considerada como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por grama de peso fresco por minuto ($\text{nmol g}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

As análises foram realizadas nos dias 0; 30; 30+3; 40 e 40+3, sendo cada tratamento composto de 4 repetições de 4 frutos. A taxa respiratória e a produção de etileno foram avaliadas nos dias 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 30+1; 30+2; 30+3; 35; 40; 40+1; 40+2; 40+3, sendo cada tratamento composto de 5 repetições de 2 frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

3.3 Resultados e Discussão

O índice de lanosidade incrementou para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento tanto na saída dos frutos da câmara fria (Figura 1A)

quanto no período de comercialização simulada (Figura 1B). Aos 30+3 dias observou-se que o tratamento controle apresentou maior índice de lanosidade quando comparado com os demais tratamentos, sendo que essa diferença não foi observada aos 40+3 dias (Figura 1B). Segundo Lurie e Crisosto (2005), apesar de o etileno promover o amolecimento rápido em frutos climatéricos, em frutos de caroço sensíveis a lanosidade ele é essencial para o amadurecimento normal dos frutos. Li, Wang e Liang (2012) relataram que o tratamento com etileno em frutos de pêssego em baixa temperatura pode aumentar a atividade da enzima PG, e consequentemente, reduzir a lanosidade. Brummell et al. (2004) observaram que a síntese da PG é regulada pelo etileno, e que a redução drástica na produção de etileno durante o armazenamento refrigerado promove a diminuição da síntese e atividade de PG em pêssegos, gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau de esterificação, promovendo a lanosidade. Resultados semelhantes na redução da lanosidade em pêssego 'Chiripá' também foram encontrados por Giehl (2006) e Girardi et al. (2005) com a aplicação exógena de etileno em camaras a 0°C antes do armazenamento por 35 dias. A aplicação exógena de etileno antes do armazenamento em câmara de refrigeração também reduziu a lanosidade em nectarinas (ZHOU et al., 2001; DONG et al., 2001).

Figura 1 - Índice de lanosidade em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Índice: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso)

A atividade da PME incrementou ao longo do período do armazenamento para todos os tratamentos com a aplicação de etileno na saída da refrigeração (Figura 2A) e para todos os tratamentos no período de comercialização simulada (Figura 2B). No período de comercialização simulada observou-se que, aos 30+3 dias, os frutos do controle tiveram maior atividade da PME quando comparado aos demais tratamentos, exceto ao tratamento com etileno dia 15 + 1-MCP SCF (Figura 2B). Aos 40+3 dias não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Os resultados são semelhantes aos encontrados por Ben-Arie e Sonogo (1980) que observaram aumento na atividade da PME quando os frutos foram expostos em

temperatura ambiente. Também se observou a relação entre o aumento da enzima PME (Figura 2A) com o incremento da lanosidade (Figura 1B). Resultados semelhantes foram observados por

Brummell et al. (2004), após o armazenamento de pêssago por 4 semanas a 5°C, que promoveu o aumento na atividade da PME e da lanosidade no período de comercialização simulada. Segundo Zhou et al. (2000), a lanosidade é resultado de um desequilíbrio na atividade das enzimas pectinolíticas na fase de maturação, com aumento da atividade PME e redução da PG, gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar um aglomerado gel, o que faz com o fruto perca a sucosidade e revele aparência farinácea. Entretanto, estudos também mostram que a relação da PME com o desenvolvimento da lanosidade precisa ser elucidado, sendo encontrados resultados distintos na literatura (FRUK et al., 2014). Buescher; Furmanski (1978) encontraram redução na atividade da PME em frutos lanosos e Zhou et al. (2000) não observaram diferença significativa na atividade da PME quando os frutos apresentaram lanosidade.

Figura 2 - Atividade da enzima PME em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A firmeza foi reduzida para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento tanto na saída da câmara fria (Figura 3A) quanto no período de comercialização simulada (Figura 3B). O amadurecimento de frutos é acompanhado da solubilização e despolimerização das pectinas, que resultam no enfraquecimento e desintegração da parede celular e, conseqüentemente, na redução da firmeza da polpa (BILLY et al., 2008). No período de comercialização simulada aos 30+3 dias observou-se que os tratamentos com a aplicação de etileno apresentaram os menores valores de firmeza quando comparado ao controle (Figura 3B). A redução da firmeza pela ação do etileno possivelmente foi promovido pela maior suculência dos frutos (redução da lanosidade) como foi observado na Figura 1B aos 30+3 dias. Girardi et al. (2005) também observaram redução na firmeza e da lanosidade de

pêssegos ‘Chiripá’ no período de comercialização simulada para os tratamentos que receberam a aplicação de etileno. No entanto, esses resultados divergem dos encontrados em nectarinas ‘Flamekist’ (BRECHT; KADER, 1982) e pêssgo ‘Chiripá’ (GIEHL, 2006), onde não foram observadas diferenças na perda de firmeza dos frutos com aplicação de etileno em câmaras fria antes da refrigeração.

Figura 3 - Firmeza em pêssgo ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A taxa respiratória apresentou redução significativa do dia inicial do armazenamento até o 5º dia, independente dos tratamentos, ficando ao redor de 5 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 4A). Esse resultado era esperado, pois a baixa temperatura durante o armazenamento promove redução do metabolismo vegetal, reduzindo a taxa respiratória dos frutos.

Durante o período de comercialização simulada os frutos apresentaram elevada taxa respiratória aos 30 dias (+1 dia) com posterior redução nos dias subsequentes. Além disso, também observou-se que, no primeiro dia após 30 dias de refrigeração, os tratamentos com aplicação de etileno após 15 dias de armazenamento + 1-MCP na SCF e o etileno aplicado no dia 0 + etileno no dia 15 + 1-MCP na SCF promoveram redução na taxa respiratória quando comparado ao controle. Nos dias 30+2 e 30+3 houve redução para os tratamentos etileno no dia 0 + 1-MCP na SCF, etileno no dia 15 + 1-MCP na SCF, etileno no dia 0 + etileno no dia 15 + 1-MCP na SCF em relação ao controle (Figura 4B). Incrementos na taxa respiratória após a exposição dos frutos em temperatura ambiente exibiu um padrão típico de frutos climatéricos. A exposição de frutos em temperatura ambiente ou altas temperaturas promove aumento acentuado na taxa respiratória durante o amadurecimento (KLEIN; LURIE, 1990; MITCHAM; MCDONALD, 1993). A redução na taxa respiratória possivelmente se deve a aplicação de 1-MCP que ocorreu logo após a retirada dos frutos da câmara fria. Jin et al. (2011) também observaram redução significativa na taxa respiratória em frutos de pêssgo 'Baifeng' após a aplicação de 1-MCP armazenados por 5 semanas a 0°C. Pinto e Jorge (2007) observaram que aplicação de 90 nL L⁻¹ de 1-MCP reduziu a produção de CO₂ e aumentou a conservação de pêssgos 'Aurora I' após cinco semanas de armazenamento a 0°C. Fan, Argenta e Mattheis (2002) observaram que aplicação de 1-MCP antes do armazenamento refrigerado reduziu a taxa respiratória e a produção de etileno, incrementando a lanosidade em pêssgos no período de comercialização simulada. Esta supressão na taxa de respiração pela ação de 1-MCP também foi relatado em outras frutas, como ameixa (ABDI et al., 1998) e mamão (SOUZA et al., 2009).

A taxa respiratória apresentou aumento para todos os tratamentos após os 40 dias no período de comercialização simulada. No dia 40+2 observou-se redução na taxa respiratória para os tratamentos etileno dia 0 + etileno dia 15 + 1-MCP SCF em relação ao controle (Figura 4C). Não houve diferença significativa entre os tratamentos aos 40+3, sendo que todos os tratamentos apresentavam lanosidade (Figura 1B). Segundo Zhou et al. (2001), não existe uma relação clara ou direta entre a taxa respiratória de frutos com caroço e o desenvolvimento da lanosidade, sendo que a respiração pode incrementar ou reduzir com o desenvolvimento deste tipo de injúria por frio.

Figura 4 - Taxa respiratória em pêsego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 ± 5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 (B) e 40+3 (C) comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Barras verticais representam o desvio padrão da média ($n=5$)

A produção de etileno foi baixa durante todo do armazenamento refrigerado e não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 5A). No período de comercialização simulada verificou-se um incremento significativo na produção de etileno para todos os tratamentos, sem diferença estatística entre eles (Figura 5B e 5C). Os resultados encontrados corroboram com os encontrados com Girard et al. (2005) que também não observaram diferenças significativa na produção de etileno entre os tratamentos com aplicação exógena de etileno em câmara fria antes da refrigeração em pêsegos 'Chiripá' após 35 de refrigeração (+3 dias de comercialização simulada). Também observou-se que a aplicação de 1-MCP não afetou de forma significativa a produção de etileno durante o período de comercialização simulada. Isso pode ser explicado pelo fato de que frutos de pêsego possuem rápida regeneração dos sítios receptores Pp-ERS1, fazendo com

que a produção de etileno se reinicie rapidamente quando expostos novamente em temperatura ambiente (RASORI et al., 2002).

Figura 5 - Produção de etileno em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 (B) e 40+3 (C) comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Barras verticais representam o desvio padrão da média ($n=5$)

De maneira geral houve incremento no teor de pectinas totais ao longo do período de armazenamento (Figura 6A). Houve maior teor de pectinas totais para os tratamentos controle, etileno dia 0; e etileno dia 0 + etileno dia 15 + 1-MCP SCF aos 30+3 dias. Para o tratamento controle o incremento no teor de pectinas totais possivelmente é devido aos frutos apresentarem sintomas de lanosidade aos 30+3 dias (Figura 3B). O processo de refrigeração, geralmente, promove uma drástica redução na produção de etileno, e um desbalanço na atividade da PME e da PG, gerando acúmulo de pectinas parcialmente degradadas na parede celular, ou seja, maior produção de pectinas insolúveis (BRUMMELL; HARPSTER, 2001). Resultados semelhantes foram observados por Sasaki, (2009); Ben-Arie e Lavee

(1971), que observaram que frutos com lanosidade apresentaram maiores teores de pectinas totais.

Ao longo do período de armazenamento todos os tratamentos apresentaram incremento no teor de pectinas solúveis (Figura 6B). Houve menor teor de pectinas solúveis para o tratamento etileno aos 15 dias + 1-MCP SCF aos 30+3 dias, sendo que aos 40+3 dias essa redução foi verificada para os tratamentos etileno + 1-MCP SCF, etileno dia 15 + 1-MCP SCF e etileno dia 0 + etileno dia 15 + 1-MCP SCF quando comparados ao controle. A redução no teor de pectinas solúveis entre os tratamentos pode estar relacionada com a aplicação do 1-MCP SCF. O 1-MCP é um composto capaz de interagir com os receptores do etileno, evitando a ligação do etileno e, conseqüentemente, retardando a perda de firmeza e o amadurecimento das frutas (SISLER; SEREK, 1997; BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

Em cultivares de pêssegos não sensíveis à lanosidade, a aplicação de 1-MCP é recomendada por apresentar resultados benéficos na qualidade dos frutos, reduzindo a perda de firmeza (KLUGE; JACOMINO, 2002).

Figura 6 - Teor de pectinas totais (A) e teor de pectinas solúveis (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Ao longo do período de armazenamento observou-se incremento na solubilização de pectinas para todos os tratamentos que receberam a aplicação de etileno (Figura 7A). No dia 30+3 o tratamento etileno dia 0 incrementou a solubilização das pectinas quando comparado ao controle, sendo que aos 40+3 dias não houve diferença entre os tratamentos com aplicação de etileno e o controle (Figura 7A). A redução da solubilização das pectinas no tratamento controle parece estar relacionada com o incremento na lanosidade dos frutos (Figura 1B). Resultados semelhantes no incremento nos teores de pectinas totais e redução da solubilização das pectinas em frutos lanosos também foram observados em frutos de pêssgo e nectarinas (BEN-ARIE; SONEGO, 1980; DAWSON; MELTON; WATKINS, 1992; LURIE et al., 1994; SASAKI et al., 2010)

O teor de sólidos solúveis incrementou ao longo do período de armazenamento para o tratamento controle, no entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 7B). Com o amadurecimento, geralmente, ocorre à degradação de polissacarídeos e aumento dos sólidos solúveis. Os sólidos solúveis são representado principalmente pelos açúcares sacarose, frutose, glicose e sorbitol (DIRLEWANGER et al., 1999), fornecendo uma estimativa do grau de doçura do fruto durante a maturação, sendo um importante atributo na determinação do sabor. Em pêssegos, os principais açúcares são Giehl (2006) também não observou diferença significativa com a aplicação de etileno em pêssego 'Chiripá'.

Figura 7 – Solubilização de pectinas (A) e teor de sólidos solúveis totais (B) em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Ao longo do período de armazenamento observou-se redução significativa do h^0 para todos os tratamentos (Figura 8A). Os valores de h^0 não apresentaram diferença entre os tratamentos durante o período de comercialização simulada

(Figura 8A). A redução nos valores desta variável durante o armazenamento indica o amadurecimento dos frutos, que passaram da cor verde para amarelo. Resultado semelhante foi observado por Giehl (2006), que também não detectou diferença significativa entre os tratamentos com aplicação etileno ($20 \mu\text{L L}^{-1}$) em câmara fria antes do armazenamento refrigerado.

Figura 8 – Ângulo de cor (h°) (A) e chroma (C^*) (B) em pêssego ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e $90\pm 5\%$ UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e $60\pm 5\%$ UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Houve incremento dos valores de C^* para todos os tratamentos durante o período de armazenamento, no entanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 8B). O C^* define a intensidade da cor, assumindo valores próximos à zero para cores neutras (cinza), e ao redor de 60 para cores vívidas. Assim, maiores valores de C^* significam maior intensidade da coloração amarela. Segundo Sasaki (2009), o aumento nos valores de Chroma e

redução nos valores de ângulo de cor indica que a cor de fundo da casca passou de coloração verde para amarelo, indicando que ocorreu amadurecimento dos frutos.

De maneira geral não foram observadas diferenças significativas na acidez titulável ao longo do período de armazenamento e entre os tratamentos no período de comercialização simulada (Figura 9A). Giehl (2006) também não observou diferença significativa para a acidez titulável entre os tratamentos com a aplicação de etileno na câmara fria. Por outro lado, Girardi et al. (2005) observaram redução acentuada da acidez em pêssegos 'Chiripá' expostos a $10\text{-}15\ \mu\text{L L}^{-1}$, estando esse resultado, segundo os autores, associado ao maior consumo de ácidos orgânicos pela respiração estimulada pelo etileno.

O pH não apresentou diferença significativa ao longo do período de armazenamento e entre os tratamentos que receberam a aplicação de etileno e o controle (Figura 9B). Esses resultados corroboram com os encontrados por Lucena et al. (2004) que também não observaram diferença significativa no pH entre os tratamentos com aplicações de etileno em banana prata-anã em diferentes concentrações de etileno quando comparado ao controle.

Figura 9 - Acidez titulável (A) e pH (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Houve aumento na perda de massa para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento, sem haver diferença significativa entre os tratamentos (Figura 10). A perda de massa é provocada principalmente pela transpiração dos frutos, sendo proporcional ao aumento da temperatura e o período de exposição dos frutos a ela. A exposição dos frutos em temperatura ambiente para a comercialização simulada faz com que haja um aumento no déficit de pressão de vapor (DPV) entre os tecidos internos do fruto e o ambiente, favorecendo o aumento na transpiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 10 - Perda de massa em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A incidência de podridão aumentou ao longo do armazenamento para o tratamento etileno dia 0 + 1-MCP SCF, no entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 11). Os resultados encontrados mostraram que tratamentos com etileno em diferentes tempos e aplicação e 1-MCP SCF não afetaram a incidência de podridões em pêssgo 'Douradão'. Palou et al. (2003) também relataram que a exposição de frutos de caroço a diferentes concentrações de etileno durante o armazenamento não afetou a incidência e a severidade de podridões causadas por *Monilinia fructicola*.

Figura 11 – Índice de podridão em pêssgo ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Dados transformados: $(x + 0,5)^{0,2}$

3.4 Considerações Finais

A aplicação de etileno antes ou durante o armazenamento com ou sem a aplicação de 1-MCP na SCF reduziu a lanosidade, sem afetar os demais aspectos de qualidade dos frutos durante 30 dias sob refrigeração, seguido de 3 dias de comercialização simulada. Esses tratamentos apesar de intensificarem a perda de firmeza, eles resultam em maior suculência dos frutos, viabilizando sua comercialização. A aplicação de 1-MCP SCF reduziu apenas a taxa respiratória, podendo não ser viável sua aplicação para essa cultivar, uma vez que não há influencia nos demais parametros de qualidade. A aplicação de etileno antes ou durante o armazenamento refrigerado pode ser recomendado para prolongar o período pós-colheita em pêssgo ‘Douradão’ por 30 dias sob refrigeração.

Referências

ABDI, N.; McGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Response of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p. 29-39, 1998.

ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X. Controle do amadurecimento de frutas manipulação da ação do etileno com 1-metilciclopropeno para preservação pós-colheita de maçãs e peras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 236-243.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Washington, 2010.

BEN-ARIE, R.; LAVEE, S. Pectic changes occurring in 'Elberta' peaches suffering from woolly breakdown. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10 p. 531-538, 1971.

BEN-ARIE, R.; SONEGO, L. Pectolytic enzyme activity involve woolly breakdown of stored peaches. **Phytochemistry**, Oxford, v.19 p. 2553-2555, 1980.

BILLY, L.; MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; RENARD, C.M.G.C.; ARVISENET, G.; PROST, C.; JOURJON, F. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 315–324, 2008.

BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 34, p. 330-334, 1962.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRECHT, J.K.; KADER, A.A. Ripening and reduced ethylene production by nectarine fruits following exposure to ethylene. **Hort Science**, Alexandria, v. 17, p. 224-225, 1982.

BRUMMELL, D.A.; HARPSTER, M.H. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 47, p. 311-340, 2001.

BRUMMELL, D.A.; DAL CIN, V.; LURIE, S.; CRISOSTO, C.H.; LABAV-ITCH, J.M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.

BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal Food Science**, Chicago, v. 43, p. 264–266, 1978.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus Persica*) flesh mealiness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 151-158, 2002.

DAWSON, D.M.; MELTON, L.D.; WATKINS, C.B. Cell wall changes in nectarines: solubilização and depolymerization of pectic and neutral polymers during ripening and in mealy fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, p. 1203-1210, 1992.

DIRLEWANGER, E.; MOING, A.; ROTHAN, C.; SVANELLA, L.; PRONIER, V.; GUYE, A.; PLOMION, C.; MONET, R. Mapping QTLs controlling fruit quality in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 98, p. 18- 31, 1999.

DONG, L.; ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 105-115, 2001.

FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J.P. Interactive effects of 1-MCP and temperature on 'Elberta' peach quality. **Hort Science**, Alexandria v. 37, n. 1, p. 134-138, 2002.

FRUK, G.; CMELIK, Z.; JEMRIC, T.; HRIBARB, J.; VIDRIH, R. Pectin role in woolliness development in peaches and nectarines: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 180, p. 1–5, 2014.

GIEHL, R.F.H. **Controle da lanosidade, em pêssegos 'Chiripá', com o uso de atmosfera controlada e etileno**. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GIRARDI, C.L.; CORRENT, A.R.; LUCCHETTA, L. ; ZANUZO, M.R.; COSTA, T.S.; BRACKMANN, A.; TWYMAN, R.M.; NORA, F.R.; NORA, L.; SILVA, J.A.; ROMBALDI, C.V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 25-33, 2005.

JIN, P.; SHANG, H.; CHEN, J.; ZHU, H.; ZHAO, Y.; ZHENG, Y. Effect of 1-methylcyclopropene on chilling injury and quality of peach fruit during cold storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 76, n. 8, p. 485-491, 2011.

KLEIN, J.D.; LURIE, S. Prestore heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n. 2, p. 265-269, 1990.

KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, p. 69-72, 2002.

LI, Y.X.; WANG, G.X.; LIANG, L.S. Effect of cold acclimation treatment and exogenous ethylene treatment on woolliness related enzymes on 'Okubo' peach fruits during low temperature storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 934, p. 1103–1109, 2012.

LUCENA, E.M.P.; SILVA JÚNIOR, A.; SILVA, A.M.C.; CAMPELO, I.K.M.; SOUSA, J.S.; COSTA, T.F.; MARQUES, L.F.; PAIXÃO, F.J.R. Uso de etileno exógeno na maturação da banana variedade prata-anã. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 55-60, 2004.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine: review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 195-208, 2005.

LURIE, S.; LEVIN, A.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Pectic polymer changes in nectarine during normal and abnormal ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v. 36, p. 11-17, 1994.

McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Chapel Hill, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MITCHAM, E.J.; McDONALD, R.E. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat treatment mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 77-86, 1993.

NAVA, G.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

PALOU, L.; CRISOSTO, C.H. GARNER, D.; BASINAL, L.M. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2003.

PINTO, L.C.B. JORGE, J.T. Utilização de 1-metilciclopropeno e resfriamento rápido na conservação de pêssegos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 238-246, 2007.

RASORI, A.; RUPERTI, B.; BONGHI, C.; TONUTTI, P.; RAMINA, A. Characterization of two putative ethylene receptor genes expressed during peach fruit development and abscission. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 53, p. 2333-2339, 2002.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectinesterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, p. 1717-1723, 1969.

RUPASINGHE, H.P.V.; MURR, D.P.; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **Journal of Horticultural Science Biotechnology**, Kent, v. 75, p. 271-276, 2000.

SASAKI, F.F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**, 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SASAKI, F.F.; CERQUEIRA, T.S.; SESTARI, I.; AGUILA, J.S.I.; KLUGE, R.A. Woolliness control and pectin solubilization of 'Douradao' peach after heat shock treatment. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 877, p. 539–542, 2010.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 100, p. 577-585, 1997.

SOUZA, M.S.; AZEVEDO, I. G.; CORRÊA, S.F.; SILVA, M.G.; PEREIRA, M.G.; OLIVEIRA, J.G. Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro 'golden' em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 693-700, 2009.

ZHOU, H.; BEN-AIRE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, p. 191-195, 2000.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; LERS, A.; KHATCHITSKI, A.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 133-141, 2000.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; BEN-ARIE, R.; DONG, L.; BURD, S.; WEKSLER, A.; LERS, A. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 76, p. 620-628, 2001.

4 CONDICIONAMENTO TÉRMICO REDUZ A LANOSIDADE DE PÊSSEGOS 'DOURADÃO' SOB REFRIGERAÇÃO

Resumo

O pêssogo é um fruto muito perecível e deteriora-se rapidamente em temperatura ambiente, o que torna essencial o uso da refrigeração para prolongar sua vida-útil. Entretanto, o uso de baixas temperaturas pode promover danos por frio limitando o armazenamento refrigerado e a aceitação desses frutos pelo consumidor. Na cultivar Douradão, a lanosidade é a principal desordem fisiológica causada pela refrigeração, promovendo ressecamento na polpa, aparência farinácea e perda de suculência e de sabor. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos do condicionamento térmico na qualidade pós-colheita de pêssogos 'Douradão'. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Controle (frutos sem tratamento); Condicionamento térmico por 24 h a 25°C e Condicionamento térmico por 48 h a 25°C. Os frutos foram armazenados em câmaras a 0°C por 30 ou 40 dias (+ 3 dias de comercialização simulada a 25°C). Aos 30+3 dias os tratamentos 24 h e 48 h reduziram a lanosidade, atividade da pectinametilesterase e pectinas totais, e intensificaram a produção etileno e a perda de firmeza. No entanto, o tratamento de 48 h aumentou as podridões, solubilização das pectinas e perda de massa, reduzindo, assim, a qualidade. O armazenamento por 40 dias não é viável, devido à ocorrência do aumento significativo da lanosidade, independente do tratamento aplicado. O condicionamento por 24 h é indicado para reduzir a lanosidade e manter outros aspectos de qualidade desta cultivar de pêssogo.

Palavras-chave: *Prunus persica*; Armazenamento refrigerado; Injúria por frio; Qualidade

Abstract

The peach is a very perishable fruit and decays rapidly at room temperature, what makes the use of cold storage essential to prolong its shelf-life. However, the use of low temperatures may promote chilling injuries, limiting the storage and acceptance of the fruit by the consumer. In 'Douradão' cultivar, the woolliness is the main physiological disorder caused by cooling, promoting pulp drying, mealy appearance and loss of juiciness and flavor. The aim of the study was to investigate the effects of heat treatment on postharvest quality of 'Douradão' peaches. The fruit were submitted to the following treatments: control (untreated fruits); heat treatment for 24 h at 25°C and heat treatment for 48 h at 25°C. The fruit were stored at 0°C for 30 or 40 days (plus 3 days of simulated marketing at 25°C). At 30+3 days, the 24 h and 48 h treatments reduced woolliness, activity pectinmethylesterase and total pectins, and intensified the ethylene production and loss of firmness. However, treatment of 48 h increased the decay, pectin solubilization and weight loss, thus reducing the quality. The storage for 40 days is not viable due to the occurrence of significantly higher woolliness, regardless of the treatment applied. The conditioning for 24 h is indicated to reduce the woolliness and maintaining other aspects of quality of this peach cultivar.

Keywords: *Prunus persica*; Cold storage; Chilling injury; Quality

4.1 Introdução

A alta perecibilidade e o curto período de colheita dos pêssegos de mesa exigem que parte da produção seja armazenada sob refrigeração para prolongar o período de oferta e a comercialização dos frutos (BRACKMANN et al., 2009). Entretanto, o uso de baixas temperaturas pode causar injúrias por frio, que são observadas apenas na fase de comercialização após duas ou três semanas de armazenamento em temperatura inferior a 10°C (ZHOU et al., 2001; LURIE; CRISOSTO, 2005). Esse tipo de desordem fisiológica tem limitado o armazenamento refrigerado de pêssegos (CRISOSTO; LABAVITCH 2002). A lanosidade, em algumas cultivares de pêssegos, é um dos principais sintomas de injúrias pelo frio, estando relacionado ao desequilíbrio na atividade das enzimas pécticas na fase de maturação, havendo aumento da atividade da pectinametilesterase (PME) e a redução da poligalacturonase (PG) (ZHOU et al., 2000). Isso faz com que haja acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar gel, conduzindo à ausência de suco e dando o aspecto farináceo à polpa da fruta. Brummell et al. (2004) verificaram que refrigeração reduziu a síntese de etileno e, conseqüentemente, diminui a atividade da PG, gerando pectinas parcialmente degradadas e, conseqüentemente, a lanosidade em frutos de caroço.

Na tentativa de prolongar o tempo de refrigeração e manter a qualidade dos frutos torna-se necessário o uso de tecnologias suplementares que contribuam para o prolongamento do período de armazenamento dos frutos garantindo a qualidade dos mesmos. A utilização de tratamentos químicos é potencialmente prejudicial ao homem e ao ambiente, e estão sendo cada vez menos utilizados, sendo substituído por tratamentos físicos e alternativos que além de prolongar a vida útil dos frutos, eles possuem boa receptividade entre os produtores e consumidores (COSTA, 2011).

O condicionamento térmico consiste em expor a fruta entre 20 e 30°C antes do armazenamento refrigerado (NANOS; MITCHELL, 1991). Von Mollendorff e De Villiers (1988) observaram que pêssegos armazenados em baixas temperaturas imediatamente após a colheita tiveram redução na atividade da PG quando

comparado aos que foram submetidos ao condicionamento térmico. Zhou et al. (2000) observaram que o condicionamento térmico por 48 horas reduziu a lanosidade e incrementou consideravelmente a atividade da endo e exo-PG em nectarinas, resultando alta relação PG/PME quando os frutos foram expostos em temperatura ambiente após quatro semana de armazenamento a 0°C.

O pré-condicionamento no armazenamento de pêssago ou nectarinas por 1 ou 2 dias em temperatura ambiente apresentou redução na injúria por frio dos frutos (ZHOU et al., 1999; SASAKI et al., 2010; NEVES et al., 2013). Crisosto et al. (2004) também observaram que condicionamento de pêssagos 'Summer Lady' e 'Ryan Sun' por 48 h a 20°C reduziu a lanosidade, sem afetar outros parâmetros de qualidade. Seibert et al. (2010) alertaram que os resultados do uso do condicionamento térmico não são conclusivos em frutos de caroço e requerem mais estudos. Estes autores verificaram que o condicionamento térmico não foi eficiente na redução dos danos por frio em pêssago 'Maciel' e em ameixa 'Gulfblaze' (COSTA, 2011).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do condicionamento térmico na redução da lanosidade e na manutenção da qualidade de pêssagos 'Douradão' sob refrigeração.

4.2 Material e Métodos

Pêssagos 'Douradão' provenientes da região de Itupeva (SP) foram colhidos em estágio de maturação fisiológica (quebra da coloração verde de fundo) e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-Colheita, no departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba (SP).

Os frutos foram selecionados e padronizados em frutos uniformes, livres de injúrias mecânicas e patógenos visíveis. Para a realização do condicionamento térmico, os frutos foram acondicionados em caixas herméticas com capacidade de 186 L, antes da refrigeração.

Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: T1 - Controle (frutos sem tratamento); T2 - Condicionamento térmico a 25°C por 24 h e T3 - Condicionamento térmico a 25°C por 48 h.

Todos os tratamentos foram armazenados em câmaras a 0°C e 90±5% UR durante 30 e 40 dias. Após cada período, os frutos foram submetidos a um período de comercialização simulada de 3 dias (30+3) e (40+3) a 25°C e 60±5% UR.

As variáveis determinadas foram:

Índice de lanosidade: foi realizada segundo a metodologia de Nava e Brackmann (2002), com adaptações. A avaliação ocorreu de forma subjetiva, considerando a aparência e a quantidade de suco extraído a partir de extração manual dos frutos. Os frutos foram divididos em categorias: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso).

Incidência de podridão: foi avaliada pela contagem dos frutos que apresentaram lesões com diâmetro superior a 0,5 cm, características de ataque por fungos e bactérias. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com podridões. Perda de massa: foi determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa verificada após tratamentos e armazenamento.

Coloração da casca: foi analisada com auxílio de um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300), sendo determinados os valores de ângulo de cor (h°) e chroma (C^*). Foram realizadas duas leituras por fruto, na região equatorial do fruto, avaliando-se a cor de fundo.

Teor de sólidos solúveis: determinou-se com o uso de refratômetro digital (Atago), com correção automática de temperatura para 20°C. Os resultados foram expressos em °Brix.

pH: Utilizou-se 10 g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. A leitura foi feita utilizando-se um pHmetro digital, com eletrodo de vidro (Tecnal, modelo Tec-2), conforme indicado pela AOAC (2010).

Acidez titulável: utilizou-se 10g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 0,1 N até pH 8,10. Os resultados foram expressos em % ácido málico.

Firmeza de polpa: utilizou-se um penetrômetro manual com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Foram efetuadas duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial os mesmos, após a remoção superficial da casca. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Taxa respiratória e produção de etileno: utilizou-se dois frutos por frascos herméticos, com capacidade de 600 mL. Os frascos foram fechados por 1 hora e

posteriormente amostras de 0,5 mL do gás foram coletadas com uma seringa de 1 mL por um septo de silicone presente na tampa de cada frasco. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, modelo Trace 2000 GC) e detector de ionização de chama (FID). A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados. Os resultados para a taxa respiratória foram expressos em mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e para a produção de etileno em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹.

Teores de pectina total, solúvel e % de solubilização das pectinas: o conteúdo de pectina total e solúvel foi extraído segundo a metodologia descrita por McCready e McComb (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente segundo metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em g de ácido galacturônico por 100 g de polpa (g 100 g⁻¹). A % de solubilização das pectinas foi obtida com o uso da seguinte equação: % solubilização = (teor de pectina solúvel/teor de pectina total) x 100

Atividade da PME: foi determinada por meio de espectrofotometria, usando a metodologia adaptada de Ratner, Goren e Monseline (1969). A extração foi realizada triturando-se 5 g de amostra de polpa congelada com 20 mL de NaCl (0,2N) à 4°C (extrato enzimático). Foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica (1% - diluída em NaCl 0,2 N) com pH corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N), e posteriormente adicionado 5 mL do extrato enzimático. O pH foi novamente corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N) e a amostra foi titulada com NaOH (0,01 N) mantendo-se o pH a 7,0 durante 10 minutos. A atividade da PME foi considerada como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por grama de peso fresco por minuto (nmol g⁻¹ min⁻¹).

As análises foram realizadas nos dias 0; 30; 30+3; 40 e 40+3, sendo cada tratamento composto de 4 repetições de 4 frutos. A taxa respiratória e a produção de etileno foram avaliados nos dias 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 30+1; 30+2; 30+3; 35; 40; 40+1; 40+2; 40+3, sendo cada tratamento composto de 5 repetições de 2 frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

4.3 Resultados e Discussão

Observou-se incremento no índice de lanosidade ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos na saída da câmara fria e no período de comercialização simulada (Figura 1A e 1B). Frutos submetidos ao condicionamento térmico apresentaram redução da lanosidade aos 30+3 dias quando comparado ao controle, sendo que, aos 40+3 dias não houve diferença entre os tratamentos. A redução na lanosidade para os tratamentos com condicionamento térmico possivelmente está relacionada à maior atividade da PG que promoveu a degradação das pectinas insolúveis em pectinas solúveis. A redução na lanosidade também foi observada em pêssegos e nectarinas, quando esses frutos foram previamente acondicionados em temperatura ambiente por um ou dois dias antes da refrigeração (ZHOU et al., 1999, 2000; SASAKI et al., 2010; NEVES et al., 2013). Crisosto et al. (2004) observaram que o condicionamento de pêssegos 'Summer Lady' e 'Ryan Sun' por 48 h a 20°C reduziu a lanosidade e aumentou o período de armazenamento refrigerado dos frutos.

Figura 1 - Índice de lanosidade em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Índice: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso)

A atividade da PME aumentou para os tratamentos de 24 e 48 h (Figura 2A) e para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento (Figura 2B). No período de comercialização simulada, aos 30+3 dias, o controle apresentou maior atividade da PME que os tratamentos de condicionamento térmico. Esses resultados indicam uma relação do aumento da atividade da PME e do índice de lanosidade (Figura 1B). Segundo Zhou et al. (2000), o armazenamento refrigerado pode causar desequilíbrio na atividade das enzimas pectinolíticas na fase de maturação, promovendo aumento na atividade da PME e a redução da PG. O incremento da PME em pêssgos lanosos também foi observado em diferentes cultivares (ZHOU et al., 2000; NEVES et al., 2013). No entanto, estudos também

mostraram que não houve diferença significativa na atividade da PME para frutos lanosos ou não lanosos (OBENLAND; CARROLL, 2000). Vitti et al. (2007) e Sasaki (2009) observaram redução da PME durante o período de comercialização simulada. Segundo Fruk et al. (2014), os resultados envolvendo a PME e a lanosidade não são consistente e apresentam resultados contraditórios.

Figura 2 - Atividade da enzima PME em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A firmeza foi reduzida durante o período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 3A e 3B). No período de comercialização simulada observou-se maior redução da firmeza para os frutos que foram submetidos ao condicionamento térmico (Figura 3B). Este era um resultado esperado, uma vez que a exposição a temperaturas mais altas, anteriormente ou durante o armazenamento refrigerado,

acelera o metabolismo dos frutos e afeta todos os aspectos relacionados ao amadurecimento, como as alterações na firmeza. A redução da firmeza possivelmente está relacionada com frutos com maior suculência, ou seja, sem lanosidade como foi observado na Figura 1B aos 30+3 dias. Resultados semelhantes na redução da firmeza também foram observados em pêssegos e nectarinas com condicionamento térmico, sendo que os autores relacionaram a redução da firmeza com o aumento na suculência dos frutos (LILL; VAN DER MESPEL (1988); INFANTE; MENESES; CRISOSTO, 2009; NEVES et al., 2013).

A taxa respiratória apresentou redução do dia 0 (colheita) para o dia 5, sendo que, a partir desta data, manteve-se constante durante o período de armazenamento refrigerado, não apresentando diferença entre os tratamentos (Figura 4A).

No período de comercialização simulada observou-se incremento na taxa respiratória e posterior declínio, mostrando um comportamento típico climatério, como é de se esperar no pêssego (Figura 4B e 4C). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Vitti et al. (2007), que observaram incremento drástico na taxa respiratória de pêssegos 'Dourado-2' quando expostos à temperatura ambiente com ou sem condicionamento térmico. Observou-se que no dia 30+1 dia os frutos do tratamento aumentaram sua taxa respiratória, sendo que aos 30+2 e 30+3 dias não foram observadas diferença significativa entre os tratamentos com ou sem o uso de condicionamento térmico (Figura 4B). A partir dos 40 dias observou-se que o pico climatérico ocorreu no dia 40+1 dia para os tratamentos com condicionamento térmico de 24 h ou 48 h e para o tratamento controle ocorreu no dia 40+2, sendo que aos 40+3 dias não houve diferença entre os tratamentos (Figura 1C). Esses resultados estão de acordo com Zhou et al. (2000) e Vitti et al. (2007), que também não observaram diferença na taxa respiratória entre os tratamentos em pêssego e nectarina com ou sem condicionamento térmico após 3 dias de comercialização simulada.

Figura 3 - Firmeza em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 4 - Taxa respiratória em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 ± 5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 (B) e 40+3 (C) comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Barras verticais representam o desvio padrão da média ($n=5$)

A produção de etileno ao longo do período refrigerado foi maior para os tratamentos de 24 e 48 h nos dias 5 e 10 quando comparado ao controle, sendo que a partir do 15º dia não houve diferença entre os tratamentos. Possivelmente a maior produção de etileno esteja relacionada ao fato dos frutos terem sido armazenados em temperatura ambiente antes da refrigeração, o que promoveu a aceleração do metabolismo. No período de comercialização simulada, a produção de etileno incrementou para todos os tratamentos (Figura 5B e 5C). O processo de refrigeração reduz a atividade respiratória, a produção de etileno, e o metabolismo de maneira geral nos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo que a exposição dos mesmos em altas temperaturas faz com que eles retornem à sua capacidade de síntese de etileno (FIELD, 1984).

Aos 30+3 dias houve aumento na produção de etileno para os tratamentos de 24 e 48 h quando comparado ao controle (Figura 5B). Também foi possível verificar uma relação entre o incremento na produção de etileno e a redução da lanosidade nos frutos para os tratamentos de condicionamento térmico de 24 e 48 h (Figura 1B). Zhou et al. (2001) também observaram incremento na produção de etileno e redução da lanosidade em nectarina tratadas com o condicionamento térmico por 2 dias a 20°C.

Figura 5 - Produção de etileno em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 ± 5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 (B) e 40+3 (C) comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Barras verticais representam o desvio padrão da média (n=5)

O teor de pectinas totais incrementou ao longo o período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6A). Sendo que, aos 30+3 e 40+3 dias o controle apresentou maiores valores de pectina total quando comparado aos tratamentos de condicionamento térmico de 24 ou 48h. O maior teor de pectinas totais encontrado

está relacionado, possivelmente, ao aumento da lanosidade (Figura 1B) promovido pela desmetilação das pectinas pela PME que hidrolisam o grupamento metiléster da posição C-6 dos resíduos dos homogalacturonos, sem a subsequente atividade da PG (degradação da 1→4- α -D-galacturonídeo), gerando assim pectinas parcialmente degradadas ou solubilizadas (ZHOU et al., 2000; LURIE; CRISOSTO, 2005). Sasaki et al. (2010) e Ben-Arie e Lavee (1971) também observaram maiores teores de pectinas totais em frutos que apresentavam lanosidade e considerável redução nas pectinas totais em pêssegos que amadureceram normalmente.

Figura 6 - Teor de pectinas totais (A) e teor de pectinas solúveis (B) em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O teor de pectinas solúveis incrementou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6B). O teor de pectinas solúveis foi maior para o tratamento de condicionamento térmico de 48 h quando comparado ao controle aos 30+3 e 40+3 dias (Figura 6B). Possivelmente, isso se deve ao maior tempo de exposição dos frutos em temperatura ambiente antes do armazenamento refrigerado, o que promoveu a aceleração do amadurecimento e maior atividade da

PG, que é responsável pela degradação das pectinas totais em pectinas solúveis. Resultados semelhantes foram observados por Sasaki et al. (2010) que observaram aumento das pectinas solúveis na comercialização simulada em pêssegos 'Douradão' após o condicionamento térmico dos frutos por 48 h a 25°C.

A porcentagem de solubilização das pectinas aumentou para todos os tratamentos durante o período de armazenamento (Figura 7A). Verificou-se menor solubilização das pectinas para o tratamento controle em relação ao condicionamento por 48 h aos 30+3 e 40+3 dias. A redução na solubilização das pectinas pode estar relacionada com o maior índice de lanosidade (Figura 1B). Esses resultados corroboram com os encontrados por Sasaki et al. (2010). Os autores observaram que frutos que possuíam menor solubilização das pectinas apresentavam maior índice de lanosidade quando comparados com frutos que receberam condicionamento térmico.

O teor de sólidos solúveis incrementou para o tratamento controle ao longo do período de armazenamento (Figura 7B). Os sólidos solúveis usualmente aumentam com o amadurecimento por processos de biossíntese ou de degradação de polissacarídeos nos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Observou-se que ambos condicionamentos térmicos apresentaram menor teor de sólidos solúveis em relação ao controle aos 40+3 dias (Figura 7B). Esses resultados podem ser atribuídos à aceleração do metabolismo promovida pela exposição dos frutos à temperatura ambiente antes do armazenamento refrigerado associado ao longo período de armazenamento dos frutos, que passaram a utilizar as reservas de açúcares para manter as atividades metabólicas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esses resultados são contrários aos encontrados por Cano-Salazar et al. (2013) que observaram maior teor de sólidos solúveis nos tratamentos de condicionamento térmico de 24 ou 36 horas no período de comercialização simulada quando comparado ao controle. Infante, Menezes e Crisosto (2009) não observaram diferença significativa no período de comercialização simulada em pêssegos de polpa amarela armazenados por 24 ou 48 h a 20°C antes do armazenamento refrigerado.

Figura 7 - Solubilização de pectinas (A) e teor de sólidos solúveis (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Pode-se observar decréscimo nos valores do ângulo de cor (h^0) ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 8A). Esses resultados corroboram com os encontrados por Obenland e Neipp (2005) que observaram redução no h^0 para tratamentos com ou sem tratamento térmico em diferentes variedades pêssgos e nectarinas. A redução do h^0 durante o período de armazenamento indica que houve mudança na coloração de fundo da casca, tendo variado de verde para amarelo na comercialização simulada, indicando o amadurecimento dos frutos.

Figura 8 - Ângulo de cor (h°) (A) e chroma (C^*) (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e $90\pm 5\%$ UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e $60\pm 5\%$ UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Os valores de Chroma apresentaram incremento durante o período de armazenamento (Figura 8B). Aos 30+3 dias o condicionamento por 48 h apresentou maior valor Chroma quando comparado ao controle. O chroma define a intensidade da cor, sendo que o aumento nos seus valores e redução nos valores de h° indicam o amadurecimento dos frutos, o que também foi verificado em pêssgo por Sasaki (2009).

Houve redução na acidez titulável ao longo do período de armazenamento para os tratamentos de 48 h aos 30+3 dias e para 24 e 48 h aos 40+3 dias (Figura 9A). A queda na acidez pode estar relacionada com o consumo dos ácidos na respiração celular, pois eles também são substratos respiratórios (KLUGE et al., 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005). O tratamento 48 h aos 30+3 dias, e os

tratamentos 24 e 48 h aos 40+3 dias obtiveram os menores valores de acidez titulável quando comparado ao controle. Resultados semelhantes foram observados por Cano-Salazar et al. (2013) que verificaram redução na acidez titulável em pêssgo 'Early Rich' no período de comercialização simulada com tratamentos de condicionamento térmico de 24 ou 36 h.

Não houve diferença significativa para o pH ao longo do período de armazenamento e entre os tratamentos (Figura 9B). Resultados semelhantes foram encontrados por Edagi et al. (2009) que não verificaram diferenças significativas quando se aplicou diferentes tratamentos de condicionamento térmico em nêspersas 'Fukuhara' antes de seu armazeamento refrigerado.

Figura 9 - Acidez titulável (A) e pH (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A perda de massa incrementou para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento (Figura 10). Essa redução deve-se à desidratação que ocorre nos frutos durante o período pós-colheita, motivado pelos processos de transpiração e respiração (SIGRIST, 1992).

Houve maior perda de massa para os frutos que receberam o tratamento de condicionamento térmico de 48 h quando comparado ao controle aos 30+3 dias (Figura 10). Segundo Luchsinger e Walsh (1998), a utilização de tratamentos de condicionamento térmico favorece a aceleração inicial do metabolismo do fruto e, conseqüentemente, aumenta a transpiração. Sasaki (2009) observou que pêssegos condicionados por 48 horas em temperatura de 25°C apresentaram maior perda de massa que o controle, no entanto, a autora ressaltou que, mesmo com essa perda, os frutos ainda possuíam qualidade para o consumo. Já Neves et al. (2013) e Zhou et al. (2000) não observaram diferença significativa na perda de massa para frutos condicionados termicamente por 48 horas em relação àqueles não condicionados.

Figura 10 - Perda de massa em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A porcentagem de podridão aumentou ao longo de armazenamento (Figura 11). A porcentagem de podridão foi maior para o tratamento de 48 h no dia 30+3 e para os tratamentos 24 e 48 h aos 40+3 dias quando comparado ao controle. Segundo Steffens et al. (2008), o incremento de podridões com a utilização de condicionamento térmico pode estar relacionado com a exposição dos frutos em

temperaturas que são favoráveis para a germinação de esporos de fungos, promovendo assim o aumento na podridão quando os frutos são novamente expostos à temperatura ambiente (após o armazenamento refrigerado). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Vitti et al. (2007) que também observaram incremento na porcentagem de frutos podres de pêssgo ‘Dourado 2’ com a utilização de condicionamento térmico.

Figura 11 – Índice de podridão em pêssgo ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Dados transformados: $(x + 0,5)^{0,2}$

4.4 Considerações Finais

O condicionamento térmico de 24 h ou e 48 h a 25°C foi eficiente para a redução da lanosidade de pêssgo ‘Douradão’ armazenado por 30 dias a 0°C, seguido de 3 dias de comercialização simulada em temperatura ambiente. O condicionamento por 48 h, embora tenha reduzido significativamente a lanosidade traz, como aspectos negativos, o aumento na perda de massa e de podridões, além de maior solubilização de pectinas, o que poderá acarretar em maior perda de firmeza durante o período de comercialização. O armazenamento por 40 dias não é possível, pois há aumento significativo da lanosidade. Assim, o condicionamento por 24 h a 25°C pode ser indicada para reduzir a lanosidade e manter outros aspectos de qualidade desta cultivar de pêssgo.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Associaton of Analytical Chemists International**. 18th ed. Washington, 2010.

BEN-AIRE, R.; LAVEE, S. Pectic changes occurring in 'Elberta' peaches suffering from wooly breakdown. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, p. 531-538, 1971.

BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 34, p. 330-334, 1962.

BRACKMANN, A.; PAVANELLO, E.P.; BOTH, V.; WEBER, A.; PINTO, J.A.V. Atmosfera refrigerada e controlada para pêssegos 'Eragil'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2010-2015, out. 2009.

BRUMMELL, D.A.; DAL CIN, V.; LURIE, S.; CRISOSTO, C.H.; LABAV-ITCH, J.M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.

CANO-SALAZAR, J.; LÓPEZ, M.L.; CRISOSTO, C. H.; ECHEVERRÍA, G. Volatile compound emissions and sensory attributes of 'Big Top' nectarine and 'Early Rich' peach fruit in response to a pre-storage treatment before cold storage and subsequent shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 76, p. 152–162, 2013.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

COSTA, S.M. **Condicionamento térmico e irradiação de ameixas 'Gulfblaze' frigorificadas**. 2011. 70 p. Tese (Doutorado em Horticultura) – Faculdade de Ciencias Agronomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus persica*) flesh mealiness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 151-158, 2002.

CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; ANDRIS, H.L.; DAY, K.R. Controlled delayed cooling extends peach market life. **Hort Technology**, Alexandria, v. 14, p. 99–104, 2004.

EDAGI, F.K.; SESTARI, I.; SASAKI, F. F.; CABRAL, M.S.; MENEHINI, J.; KLUGE, R.A. Aumento do potencial de armazenamento refrigerado de nêspersas 'Fukuhara' com o uso de tratamento térmico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1270-1276, 2009.

FIELD, R.J. The effect of temperature on ethylene production by plant tissue. In: ROBERTS, J.A.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Ethylene and plant development**. London: Butterworths, 1984. p. 47-69.

FRUK, G.; CMELIK, Z.; JEMRIC, T.; HRIBARB, J.; VIDRIH, R. Pectin role in woolliness development in peaches and nectarines: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 180, p. 1–5, 2014.

INFANTE, R.; MENESES, C.L.; CRISOSTO, C.H. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'Setember Sun' peach following cold storage. **International Journal of Food Science And Technology**, Oxford, v. 44, p. 1011–1016, 2009.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

LILL, R.E.; VAN DER MESPEL, G.J. A method for measuring the juice content of mealy nectarines. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 36, n. 3/4, p. 267-271, 1988.

LUCHSINGER, L.; WALSH, C.S. Chilling injury of peach fruit during storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 464, p. 473-477, 1998.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine: review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 195-208, 2005.

McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

NANOS, G.D.; MITCHELL, F.G. High-temperature conditioning to delay internal breakdown development in peaches and nectarines. **Hort Science**, Alexandria, v. 26, p. 882–885, 1991.

NAVA, G.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

NEVES, L.C.; CAMPOS, J.C.; PRILL, M.A.S.; ROBERTO, S.R. Woolliness and leatheriness in latepeach cultivars submitted to both delayed storage and to cold storage. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 363-369, 2013.

OBENLAND, D.M.; CARROLL, T.R. Mealiness and pectinolytic activity in peaches and nectarines in response to heat treatment and storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, n. 6, p.723-728, 2000.

OBENLAND, D.M.; NEIPP, P. Peach and nectarine quality following treatment with high-temperature forced air combined with controlled atmosphere. **Hort Science**, Alexandria, v. 40, n. 5, p. 1425-1430, 2005.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectinesterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockeville, v. 44, p. 1717-1723, 1969.

SASAKI, F.F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**, 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SASAKI, F.F.; CERQUEIRA, T.S.; SESTARI, I.; AGUILA, J.S.I.; KLUGE, R.A. Woolliness control and pectin solubilization of 'Douradão' peach after heat shock treatment. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 877, p. 539-542, 2010.

SEIBERT, E.; LEÃO, M.L.; RIETH, S.; BENDER, R.J. Efeitos do condicionamento na qualidade de pêssegos 'Maciel'. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 477-483, 2010.

SIGRIST, J.M.M. Transpiração. In: BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1992. p. 27-32.

STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; SILVEIRA, J.P.G.; CHECHI, R.; ESPINDOLA, B.P. Tolerância ao dano pelo frio e qualidade pós-colheita em goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao condicionamento térmico. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, p. 75-80, 2008.

VITTI, D.C.C.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; LIMA, G.P.P. Tratamento térmico para controle da lanosidade em pêssegos 'Douradão-2' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1705-1713, 2007.

VON MOLLENDORFF, L.J.; DE VILLIERS O.T. Role of pectolytic enzymes in the development of woolliness in peaches. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 58, p. 63-53, 1988.

ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R.; LURIE, S. Analysis of cell wall components in juice of 'Flavortop' nectarines during normal ripening and woolliness development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 4, p. 424-429, 1999.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; LERS, A.; KHATCHITSKI, A.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 133-141, 2000.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; BEN-ARIE, R.; DONG, L.; BURD, S.; WEKSLER, A.; LERS, A. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Amsterdam, v. 76, p. 620-628, 2001.

5 APLICAÇÃO DE ETILENO E ATMOSFERA MODIFICADA REDUZEM A LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE DE PÊSSEGO 'DOURADÃO' REFRIGERADO

Resumo

O pêssago é um dos frutos mais cultivados no mundo. É muito perecível e deteriora-se rapidamente em temperatura ambiente tornando essencial o uso da refrigeração para prolongar a vida útil. Entretanto, o uso de baixas temperaturas pode promover danos por frio limitando o armazenamento refrigerado e a aceitação dos frutos pelo consumidor. Na cultivar Douradão, a lanosidade é a principal desordem fisiológica causada pela refrigeração, promovendo ressecamento na polpa, aparência farinácea e perda de suculência e de sabor. O objetivo foi verificar os efeitos combinados da aplicação de etileno antes da refrigeração com o uso de atmosfera modificada passiva durante o armazenamento e, ainda, a aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) na saída da câmara fria (SCF), na qualidade pós-colheita de pêssagos 'Douradão'. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Controle (frutos sem tratamento); Etileno no dia 0 + polietileno de baixa densidade (PEBD) 60 μm ; Etileno no dia 0 + PEBD 60 μm + 1-MCP SCF, Etileno no dia 0 + PEBD 80 μm e Etileno no dia 0 + PEBD 80 μm + 1-MCP SCF. A aplicação de etileno (20 $\mu\text{L L}^{-1}$) e 1-MCP (900 nL L^{-1}) foram realizadas em câmaras herméticas por 12 horas. Os frutos permaneceram em câmaras frias a 0°C por 30 ou 40 dias (+ 3 dias de comercialização simulada a 25°C). Os resultados mostraram que aos 30+3 dias os tratamentos com aplicação de etileno em associação com embalagens de PEBD de 60 μm com ou sem a aplicação de 1-MCP SCF reduziram a lanosidade, a perda de massa e sólidos solúveis, e aumentaram a atividade da poligalacturonase, perda de firmeza, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e ângulo de cor. Os tratamentos com aplicação de etileno em associação com embalagens de PEBD de 80 μm com ou sem a aplicação de 1-MCP SCF se mostraram eficientes na redução da lanosidade e perda de massa. Estes tratamentos também incrementaram a atividade da poligalacturonase, sem interferir nos demais aspectos de qualidade, ampliando a vida útil até 40+3 dias. A maior atividade da poligalacturonase está relacionada com a redução da lanosidade, o que promoveu maior suculência nos frutos.

Palavras-chave: Fruto de caroço; Armazenamento refrigerado; Injúria por frio; Embalagens; Enzimas pectinolíticas; Capacidade antioxidante

Abstract

The peach is one of the most cultivated fruit in the world. It is very perishable and deteriorates rapidly at room temperature, thus the use of cooling is essential to extend the shelf-life. However, the use of low temperatures can promote chilling injuries, limiting the cold storage and the acceptance of the fruit by the consumer. In 'Douradão' cultivar, the woolliness is the main physiological disorder caused by cooling, promoting pulp drying, mealy appearance and loss of juiciness and flavor. The objective was to evaluate the combined effects of exogenous ethylene before cooling using passive modified atmosphere during storage and the application of 1-

methylcyclopropene (1-MCP) after cold storage (ACS) on postharvest quality of 'Douradão' peaches. The fruits were submitted to the following treatments: control (untreated fruits); Ethylene on day 0 + low density polyethylene (LDPE) 60 μm ; Ethylene at day 0 + LDPE 60 μm + 1-MCP ACS; Ethylene at day 0 + LDPE 80 μm and Ethylene on day 0 + LDPE 80 μm + 1-MCP ACS. The application of ethylene (20 $\mu\text{L L}^{-1}$) and 1-MCP (900 nL L^{-1}) were carried out in airtight chambers for 12 hours. The fruits were stored in cold room at 0°C for 30 or 40 days (plus 3 days of simulated marketing at 25°C). The results showed that, at the 30 + 3 days, the ethylene application treatments in association with LDPE of 60 μm with or without the application of 1-MCP ACS, reduced woolliness, weight loss and soluble solids, besides increase of polygalacturonase activity, phenolic compounds, antioxidant capacity and color angle. The treatments with LDPE of 80 μm with or without the application of 1-MCP ACS were effective in reduction of woolliness and weight loss. These treatments also enhanced the polygalacturonase activity, without interfering with other aspects of quality, extending the shelf-life to 40+3 days. The higher activity of polygalacturonase is related to reduction of woolliness, what increased the juiciness of fruit.

Keywords: Stone fruit; Cold storage; Chilling injury; Packaging; Pectinolytic enzymes; Antioxidant capacity

5.1 Introdução

O pêssgo [*Prunus persica* (L.) Batsch] é a espécie mais importante do gênero *Prunus*, sendo uma das frutas mais importantes no mundo em termos de produção (CANTIN et al., 2010). É um fruto climatérico de alta perecibilidade que se deteriora rapidamente em temperatura ambiente, tornando a refrigeração uma tecnologia indispensável para prolongar o período de armazenamento e comercialização. Entretanto, apesar dos benefícios do armazenamento refrigerado em reduzir o metabolismo, essas condições podem resultar na ocorrência de dano pelo frio quando os frutos são armazenados em temperatura inferior a 10°C por mais de 2 ou 3 semanas (LILL; O'DONAGHUE; KING, 1989; LURIE; CRISOSTO, 2005).

A lanosidade é um tipo de injúria por frio resultante do desequilíbrio na atividade da pectinametilesterase (PME) e da poligalacturonase (PG), gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar gel, conduzindo à ausência de suco e dando o aspecto farináceo (ZHOU et al., 2000). Esse sintoma é observado, geralmente, após a retirada dos frutos da condição refrigerada, durante a exposição às condições ambiente. Isso tem diminuído significativamente a aceitação dos frutos por parte dos consumidores (CRISOSTO; LABAVITCH 2002).

O etileno geralmente promove efeito prejudicial durante o armazenamento dos frutos, induzindo amolecimento rápido, amadurecimento e deterioração, no entanto, a presença de etileno durante armazenamento a frio pode não ser um problema para os pêssegos e nectarinas sensíveis à lanosidade, e apresentar resultados benéfico na redução dessa injúria (ZHOU et al., 2001a; PALOU et al., 2003).

A aplicação de etileno antes do armazenamento refrigerado reduziu a lanosidade de pêssegos e nectarinas sem afetar a qualidade dos frutos durante 30 dias (ZHOU et al., 2001b; DONG et al., 2001; GIRARDI et al., 2005; GIEHL, 2006). al. (2003) observaram que a aplicação dinâmica de etileno ($3 \mu\text{L L}^{-1}$) reduziu a lanosidade até os 14 dias em pêssego 'Elegant Lady', não havendo diferença entre os tratamentos a partir dos 21 dias.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um composto que age como bloqueador da ação do etileno que vem sendo amplamente testado e utilizado na pós-colheita por aumentar a conservação de flores e hortaliças e retardar o amadurecimento de frutos dependentes de etileno (ARGENTA; MATTHEIS; FAN, 2000). No entanto, em cultivares de pêssegos sensíveis à lanosidade, o bloqueio da ação do etileno com 1-MCP pode aumentar essa desordem quando os frutos são armazenados em baixas temperaturas (GIRARDI et al., 2005). Dong et al. (2001), após testarem a aplicação de 1-MCP em nectarina antes da refrigeração, observaram que houve incremento da lanosidade, recomendando o uso deste composto após a retirada dos frutos da refrigeração.

A atmosfera modificada passiva é uma tecnologia que vem sendo utilizada por pequenos e médios produtores como alternativa na conservação de frutas perecíveis, uma vez que exige investimento mais baixo e menor nível de tecnologia que a utilização de atmosfera controlada (BRACKMANN et al., 2004). A atmosfera modificada promove o incremento na concentração de CO_2 e redução de O_2 ao redor do produto embalado, reduzindo a taxa respiratória, a produção de etileno, e a atividade enzimática do produto (KADER; WATKINS, 2000). Segundo Gorris e Peppelenbos (1992), a escolha da embalagem plástica mais adequada a ser utilizada no armazenamento em atmosfera modificada é aquela que propicia uma concentração de O_2 suficientemente baixa para retardar a respiração, e que impeça o acúmulo excessivo de CO_2 proveniente do próprio produto que pode provocar danos aos produtos embalados.

Estudos realizados mostraram que o uso da atmosfera modificada associado à refrigeração promoveram a redução da perda de massa, manutenção da firmeza da polpa e redução de danos causados pelo frio em algumas variedades de pêssego (ZOFFOLI et al., 2002; SANTOS et al., 2008). Kluge et al. (1999), estudando a utilização de PVC e polietileno de alta e baixa densidade, observaram significativa redução na perda de massa de pêssego 'Flordaprince'.

Em outros estudos foi verificado que a utilização de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) apresentou resultados promissores na redução da lanosidade, manutenção da firmeza e redução da perda de massa dos frutos de pêssego de diferentes variedades (SANTOS et al., 2008; NUNES et al., 2004; SANTANA et al., 2010, 2011).

A lanosidade juntamente com a incidência de podridões ainda são responsáveis pela maior parte das perdas pós-colheita de pêssegos em todo o mundo, tornando essencial o estudo de novas tecnologias que, em associação com a refrigeração, possam prolongar a vida útil dos frutos.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito conjunto da aplicação de etileno, atmosfera modificada e 1-MCP no armazenamento refrigerado de pêssegos 'Douradão' na tentativa de reduzir a lanosidade e manter a qualidade dos frutos.

5.2 Material e Métodos

Pêssegos 'Douradão' provenientes da região de Itupeva (SP) foram colhidos em estágio de maturação fisiológica (quebra da coloração verde de fundo) e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-Colheita, do departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba (SP), Brasil.

Os frutos foram selecionados e padronizados quanto à uniformidade, ausência de injúrias mecânicas e de patógenos visíveis.

Os frutos foram acondicionados em caixas herméticas com capacidade de 186 L, onde receberam a aplicação de etileno (Etil – 5 com 5,5% de etileno, White Martins). O etileno foi aplicado em caixas herméticas, com uma seringa por septos de silicone presentes nas tampas. Amostras de 0,5 mL do gás de dentro das caixas foram retiradas com uma seringa de 1 mL por septos de silicone e injetadas em cromatógrafo a gás da marca Thermofinigan, modelo Trace 2000 GC e detector de

ionização de chama (FID), para a comprovação da presença de $20 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno. Os frutos ficaram expostos ao etileno por 12 horas a 25°C e, posteriormente, foram refrigerados a 0°C . Para os tratamentos que receberam a aplicação de etileno aos 15 dias a aplicação foi realizada de forma semelhante aos que receberam o etileno no dia 0, exceto pela temperatura de aplicação que foi a 0°C dentro da câmara fria.

Para a aplicação de 1-MCP na saída da câmara de refrigeração utilizou-se o produto SmartFresh™ (i.a. 33 g kg^{-1} ; Rohm and Haas Química Ltda), na formulação em pó na concentração de 900 nL L^{-1} . O 1-MCP foi acondicionado em frascos herméticos de vidro de 10 mL, com posterior adição de 5 mL de água destilada com o uso de uma seringa por meio de silicone presente na tampa. Em seguida os frascos foram agitados e abertos no interior das caixas herméticas que ficaram mantidas fechadas por 12 horas. Os frutos do tratamento controle não receberam nenhum tipo de embalagem e foram armazenados soltos em caixas plásticas abertas.

Utilizaram-se embalagens polietileno de baixa densidade (PEBD) para promover a atmosfera modificada passiva durante o armazenamento refrigerado.

Realizaram-se os seguintes tratamentos: T1- Controle (frutos sem tratamento); T2- Etileno no dia 0 + PEBD $60 \mu\text{m}$; T3- Etileno no dia 0 + PEBD $60 \mu\text{m}$ + 1-MCP na saída da câmara fria (SCF); T4- Etileno no dia 0 + PEBD $80 \mu\text{m}$ e T5- Etileno no dia 0 + PEBD $80 \mu\text{m}$ + 1-MCP SCF.

Após os tratamentos, os frutos foram armazenados em câmaras a 0°C e $90 \pm 5\%$ UR durante 30 e 40 dias. Após cada período, os frutos foram submetidos a um período de comercialização simulada de 3 dias ($30+3$) e ($40+3$) a 25°C e $60 \pm 5\%$ UR.

As variáveis determinadas foram:

Índice de lanosidade: foi realizada segundo a metodologia de Nava e Brackmann (2002), com adaptações. A avaliação ocorreu de forma subjetiva, considerando a aparência e a quantidade de suco extraído a partir de extração manual dos frutos. Os frutos foram divididos em categorias: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso).

Incidência de podridão: foi avaliada pela contagem dos frutos que apresentaram lesões com diâmetro superior a $0,5 \text{ cm}$, características de ataque por fungos e bactérias. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com podridões.

Perda de massa: foi determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa verificada após tratamentos e armazenamento.

Coloração da casca: foi analisada com auxílio de um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300), sendo determinados os valores de ângulo de cor (h°) e chroma (C^*). Foram realizadas duas leituras por fruto, na região equatorial do fruto, avaliando-se a cor de fundo.

Teor de sólidos solúveis: determinou-se com o uso de refratômetro digital (Atago), com correção automática de temperatura para 20°C. Os resultados foram expressos em °Brix.

pH: Utilizou-se 10 g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. A leitura foi feita utilizando-se um pHmetro digital, com eletrodo de vidro (Tecnal, modelo Tec-2), conforme indicado pela AOAC (2010).

Acidez titulável: utilizou-se 10g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 0,1 N até pH 8,10. Os resultados foram expressos em % ácido málico.

Firmeza de polpa: utilizou-se um penetrômetro manual com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Foram efetuadas duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial os mesmos, após a remoção superficial da casca. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Taxa respiratória e produção de etileno: utilizou-se dois frutos por frascos herméticos, com capacidade de 600 mL. Os frascos foram fechados por 1 hora e posteriormente amostras de 0,5 mL do gás foram coletadas com uma seringa de 1 mL por um septo de silicone presente na tampa de cada frasco. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, modelo Trace 2000 GC) e detector de ionização de chama (FID). A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados. Os resultados para a taxa respiratória foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e para a produção de etileno em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Teores de pectina total, solúvel e % de solubilização das pectinas: o conteúdo de pectina total e solúvel foi extraído segundo a metodologia descrita por McCready e McComb (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente segundo metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em g

de ácido galacturônico por 100 g de polpa ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). A % de solubilização das pectinas foi obtida com o uso da seguinte equação: % solubilização = (teor de pectina solúvel/teor de pectina total) x 100

Atividade da PME: foi determinada por meio de espectrofotometria, usando a metodologia adaptada de Ratner, Goren e Monseline (1969). A extração foi realizada triturando-se 5 g de amostra de polpa congelada com 20 mL de NaCl (0,2N) à 4°C (extrato enzimático). Foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica (1% - diluída em NaCl 0,2 N) com pH corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N), e posteriormente adicionado 5 mL do extrato enzimático. O pH foi novamente corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N) e a amostra foi titulada com NaOH (0,01 N) mantendo-se o pH a 7,0 durante 10 minutos. A atividade da PME foi considerada como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por grama de peso fresco por minuto ($\text{nmol g}^{-1} \text{ min}^{-1}$).

Atividade da PG: o extrato enzimático foi extraído de acordo com Denès, Baron e Drilleau (2000), com pequenas modificações. Foram pesados 0,5 g de polpa de pêssigo liofilizado e homogeneizada com 15 mL de acetona fria (Ultraturrax T-25 Basic, Ika) na velocidade 3, e mantidos em caixa de poliestireno expandido com gelo por 30 minuto, e em seguida o sobrenadante descartado. O pellet foi ressuspensionado com 10 mL de acetona fria e mantidos em caixa de poliestireno expandido com gelo durante 15 minutos. Em seguida o sobrenadante foi descartado e o pellet utilizado para a determinação da enzima. O pellet foi ressuspensionado com 10 mL de 0,2 M Tris (hidroximetil)-aminometano tampão (tampão Tris), pH 7,0 contendo 500 mg L^{-1} de metabissulfito de sódio, 1% de polivinilpirrolidona (PVPP) e 1 M de NaCl. A extração foi efetuada durante 2 h em agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo a 4°C. O extrato foi transferido para eppendorf e centrifugado a 20.000 xg durante 15 min a 4°C. O sobrenadante foi usado como extrato para a análise enzimática. A atividade da PG foi determinada de acordo com o método descrito por Gross (1982), que se baseia na medição da redução de grupos formados usando ácido poligalacturônico como substrato. O substrato continha 0,6 mL de uma solução de 0,4% (w/v) de ácido poligalacturônico dissolvido em um tampão de 0,05 M de acetato de sódio em pH 4,5, e a reação foi realizada por adição de 0,15 mL de extrato enzimático, seguida por incubação a 37°C por 10 min com agitação a 30 xg. A reação foi parada com 2 mL de 10 mM de tampão de borato a pH 9 e 0,4 mL de 1% (w/v) de cianoacetamida. A mistura foi

colocada em Banho Maria a 100°C por 10 min, seguido por resfriamento em temperatura ambiente. Foram colocados 200 µL de amostra em uma microplaca de fundo plano ultravioleta, e a leitura realizada em leitor de placa múltiplo a 22°C, e a absorbância lida a 276 nm. A curva de calibração foi realizada com ácido D-galacturônico e a atividade de PG foi expressa em mmol de ácido galacturônico por grama de peso seco por minuto ($\text{mmol g}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Capacidade antioxidante (FRAP): foram pesados 0,2 g de polpa de pêssego liofilizado e homogeneizado com 6 mL de metanol (Ultraturrax T-25 de base, Ika), na velocidade 3. A extração foi realizada durante 1 h em um agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo. Em seguida, 2,0 mL de extratos foram transferidos para tubos eppendorf e centrifugados a 15.000 xg durante 10 min a 4°C. A capacidade antioxidante total foi determinada com base na metodologia de Benzie e Strain (1996). Uma solução tampão de 300 mmol L⁻¹ acetato, pH 3,6 (3,1 g C₂H₃NaO₂•3H₂O) e 16 mL C₂H₄O₂ por litro de solução tampão; 10 mmol L⁻¹, 2,4,6-tripiridyl-s-triazina (TPTZ) em 40 mmol L⁻¹ de HCl; 20 mmol L⁻¹ de FeCl₃•6H₂O foi preparado. O reagente FRAP foi preparado com a mistura de 10 mL de tampão de acetato, 1 mL de TPTZ mL e 1 mL de solução de FeCl₃•6H₂O e incubou-se durante 2 h a 37°C. Uma alíquota de 6 µL do extrato foi colocado em microplaca de fundo plano e posteriormente foram adicionados 198 µL de solução de FRAP foi adicionado. Armazenou-se por 50 min no escuro em temperatura ambiente e a absorbância foi medida a 593 nm utilizando-se um leitor de placas múltiplo (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suíça). Os resultados foram expressos mg trolox em 100 g de peso seco.

Compostos fenólicos totais: foram pesados 0,2 g de polpa de pêssego liofilizado e homogeneizado com 6 mL de metanol (Ultraturrax T-25 de base, Ika), na velocidade 3. A extração foi realizada durante 1 h em um agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo. Em seguida, 2,0 mL de extratos foram transferidos para tubos eppendorf e centrifugados a 15.000 xg durante 10 min a 4°C. A quantidade de compostos fenólicos solúveis no sobrenadante obtido foi determinado de acordo com Swain e Hillis (1959) com pequenas modificações. Uma amostra de 19,2 µL de extrato foi colocada em microplaca de fundo plano e posteriormente foram adicionados 29 µL de reagente de Folin-Ciocalteu (1N). Após 3 minutos de incubação no escuro em temperatura ambiente, 192 µL de uma solução contendo Na₂CO₃ (0,4 %) e NaOH (2 %) foi

incorporado e se armazenou por 1 h no escuro em temperatura ambiente. A absorbância foi medida a 750 nm em um leitor de placas múltiplo (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suíça). Os resultados foram expresso em mg de ácido gálico em 100 g peso seco.

Para as análises de PME e teores de pectina total e solúvel, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer -20°C. Para as análises de PG, FRAP e compostos fenólicos as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas, sendo realizadas na Universidade Politécnica de Cartagena, Múrcia, Espanha.

As análises foram realizadas nos dias 0; 30; 30+3; 40 e 40+3, sendo cada tratamento composto de quatro repetições de quatro frutos. Para a % CO₂ e O₂ que foram avaliados nos dias 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40, sendo cada tratamento composto de cinco repetições de cinco frutos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

5.3 Resultados e Discussão

O índice de lanosidade aumentou durante o período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 1A e 1B). Incremento na lanosidade em pêssegos e nectarinas têm sido evidenciado em vários estudos após a remoção dos frutos do armazento refrigerado e a exposição destes em temperatura ambiente (SANTANA et al., 2011; CRISOSTO; MITCHELL; JU, 1999; ROMBALDI et al., 2001).

No período de comercialização simulada, observou-se que aos 30+3 dias as embalagens PEBD de 60 e 80 µm, independente do tratamento, reduziram a lanosidade dos frutos quando comparadas ao controle. No entanto, aos 40+3 dias apenas os tratamentos em associação a embalagem de 80 µm foram eficiente na redução lanosidade nos frutos (Figura 1B). Choi e Lee (1997) observaram redução na lanosidade de pêssego 'Yumyeong' ao utilizarem embalagem de polietileno de 30 µm por quatro semanas a 0°C. Santana et al. (2010; 2011) observaram significativa redução na lanosidade com o uso de atmosfera modificada ativa em embalagens de PEBD. Zoffoli et al. (2002), após avaliarem o uso de atmosfera modificada passiva em pêssegos 'Sweet September', 'September Sun', 'Ryan Sun' e 'Rosario Red' em

3 estádios de maturação, observaram redução na lanosidade em níveis aceitáveis comercialmente (<20%) apenas na cultivar 'Sweet Setembro'. Os mesmos autores também observaram redução do escurecimento da polpa para as variedades testadas, exceto para 'Rosario Red', relatando que o uso das embalagens apresenta respostas distintas em função da cultivar.

Figura 1 - Índice de lanosidade em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3 comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Índice: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso)

A PME mostrou aumento na sua atividade para todos os tratamentos no período refrigerado e na comercialização simulada (Figura 2A e 2B). Essa enzima está presente em todos os estádios de desenvolvimento, porém sua atividade é

significativamente incrementada durante o amadurecimento, aumentando a perda da firmeza dos frutos (PRESSEY; AVANTS, 1982).

No período de comercialização simulada observou-se que aos 30+3 e 40+3 dias o tratamento controle apresentou maior atividade da PME quando comparado aos demais tratamentos (Figura 2B). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Santana et al. (2011), que verificaram que frutos controle (sem embalagem) apresentavam maior atividade da PME que os tratamentos com embalagem de PEBD e atmosfera ativa em pêssegos. Entretanto, resultados contrários foram encontrados por Buescher e Furmanski (1978), que verificaram redução na atividade da PME em frutos de caroço que apresentavam sintomas de lanosidade.

Figura 2 - Atividade da enzima PME em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A atividade da PG aumentou ao longo do armazenamento refrigerado e no período de comercialização simulada para todos os tratamentos quando comparado ao controle (Figura 3A e 3B). A PG é uma enzima de degradação de parede celular que comumente aumenta a sua atividade no período de maturação, promovendo a hidrólise das ligações α 1-4 do ácido galacturônico e, conseqüentemente, aumentando a perda da firmeza dos frutos (FISCHER; BENNETT, 1991).

No período de comercialização simulada aos 30+3 e 40+3 dias o controle apresentou menor atividade da PG quando comparado aos tratamentos com embalagens (Figura 3B). Pode-se observar uma correlação entre a baixa atividade da PG e o incremento da PME (Figura 2B) e aumento da lanosidade (Figura 1B). Segundo Zhou et al. (2000), a lanosidade um dos principais sintomas de injúrias pelo frio quando frutos de caroço são armazenados abaixo de 10°C, provocada pelo desequilíbrio na atividade das enzimas pectinolíticas na fase de maturação, havendo aumento da atividade da PME e a redução da PG. Resultados semelhantes foram observados por Santana et al. (2011), que após utilizarem atmosfera modificada passiva com embalagens de PEBD verificaram que os frutos sem embalagens (controle) apresentaram menor atividade da exo-PG e maior índice de lanosidade. Resultados semelhantes na redução da atividade da PG e alto índice de lanosidade também foram encontrados em pêssegos e nectarinas após 30 dias de armazenamento refrigerado (ZHOU et al., 2000; GIRARDI et al., 2005; BRUMMELL et al., 2004).

Estudos mostraram que a síntese da PG é regulada pela ação do etileno, entretanto, não foi observada relação entre a síntese de etileno e a atividade a PME, podendo esta enzima ser regulada por outros fatores, o que explicaria resultados tão discrepantes para a atividade da PME quando os frutos apresentam sintomas de lanosidade (BRUMMELL et al., 2004).

Figura 3 - Atividade da enzima PG em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A firmeza foi reduzida ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 4A e 4B). A perda da firmeza é um processo natural durante o amadurecimento das frutas que é acompanhada da solubilização e despolimerização das pectinas, processos que resultam no enfraquecimento e desintegração da parede celular (BILLY et al., 2008).

Observou-se que 30+3 e 40+3 dias o controle foi o que apresentou os maiores valores de firmeza em relação aos demais tratamentos (Figura 4B). Valores mais alto de firmeza nos frutos controle possivelmente se deve à presença de injúria por frio (Figura 1B), como foi observado por Brummel et al. (2004) que notaram retenção da firmeza, textura emborrachada, aparência farinácea e ausência de suco livre em pêssgos 'O'Henry' após 3 ou 4 semanas de armazenamento refrigerado.

Resultados semelhantes foram observados por Neves et al. (2013) que observaram maior firmeza no tratamento controle que concomitantemente apresentavam maiores índices de lanosidade em pêssegos 'Chiripá' no período de comercialização simulada.

Figura 4 - Firmeza em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

As embalagens de 60 µm apresentaram valores em torno de 5% de CO₂ e 6% de O₂ no seu interior, enquanto que as 80 µm resultaram valores em torno de 15% de CO₂ e 1% de O₂ no final do armazenamento refrigerado (Figura 5A e 5B). Segundo Kader (1997), as concentrações benéficas de O₂ e CO₂ recomendadas para pêssego armazenado em baixas temperaturas devem ser em torno de 1-2% e 5-10%, respectivamente. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que altas

concentrações de CO₂ no final do armazenamento mantém a qualidade dos frutos de caroço. Zoffoli et al. (1997), após estudarem diferentes embalagens para a conservação de pêssego, observaram que aquelas que apresentaram nível de CO₂ entre 10 a 25% e os nível de O₂ entre 1,5 a 10% promoveram os melhores resultados na redução das injúrias promovida pelo frio. Resultado semelhante também foi encontrado por Lurie (1993), que observou que PEBD de 40 µm no armazenamento de pêssegos e nectarinas prolongou a vida pós-colheita e reduziu a incidência de injúria por frio nos frutos, e que conservação da qualidade se relacionou mais com os altos níveis de CO₂ que com os níveis baixos de O₂. Akbudak e Eris (2004) observaram que embalagens de polipropileno de 30 µm e polietileno de 45 µm foram eficientes para manter a qualidade de pêssegos 'Flavorcrest' e 'Red Top' e nectarinas 'Fantasia' e 'Fairlane', respectivamente, sob refrigeração.

Figura 5 - Concentração de CO₂ (A) e concentração de O₂ (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 ± 5% UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média ($n=5$). No tratamento controle foram consideradas as concentrações gasosas presentes na atmosfera

Houve redução nas pectinas totais ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6A). Redução no teor de pectinas totais durante o amadurecimento é um processo normal, ocasionado principalmente pela atividade das enzimas PME e PG que promovem a degradação das pectinas, ocasionando a redução da firmeza e o amaciamento do fruto (FISCHER; BENNETT, 1991).

O teor de pectinas totais foi maior para o tratamento controle quando comparado com os tratamentos com embalagens aos 30+3 dias; no entanto, no dia 40+3 observou-se maior teor de pectinas totais para o tratamento controle em relação aos tratamentos de etileno dia 0 + PEBD 60 µm e etileno dia 0 + PEBD 60 µm + 1-MCP. O maior teor de pectina total para o tratamento controle aos 30+3 e 40+3 dias possivelmente está associado à redução da atividade da PG (Figura 3B), levando ao acúmulo de pectinas parcialmente degradadas o que promoveu os

sintomas de lanosidade nos frutos (Figura 1B). Resultados semelhantes foram observados por Ju et al. (2001) em pêssego, quando o tratamento controle apresentou elevado conteúdo de pectinas insolúveis e alto índice de lanosidade em frutos.

O teor de pectinas solúveis aumentou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6B). Esses resultados corroboram com os encontrados por Nunes et al. (2004) que também observaram incremento no teor das pectinas solúveis em pêssegos 'Aurora 2' durante o período de armazenamento em frutos com ou sem embalagens.

Observou-se menor teor de pectinas solúveis aos 30+3 dias para os tratamentos etileno dia 0 + PEBD 60 μm + 1-MCP SCF e etileno dia 0 + PEBD 80 μm + 1-MCP SCF quando comparado ao controle (Figura 6B). O 1-MCP é um potente inibidor do efeito do etileno procedente de fontes internas e externas, o que possivelmente, explica a menor concentração no teor de pectinas solúveis. Redução nos teores de pectinas solúveis também foi observada em mamão com a aplicação de 1-MCP em diferentes tempos de exposição (ASMAR et al., 2010).

O teor de pectina solúvel reduziu no dia 40+3 para todos os tratamentos com embalagem quando comparado ao controle (Figura 6B). Resultados semelhantes foram observados por Nunes et al. (2004) que observaram redução na solubilização das pectinas com a utilização de PEBD em pêssegos 'Aurora 2'.

Figura 6 - Teor de pectina total (A) e teor de pectina solúvel (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A solubilização aumentou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos, sem diferença significativa entre eles (Figura 7A). A solubilização e a despolimerização das pectinas são encontradas na maioria dos frutos durante o processo de amadurecimento e possuem uma relação direta com a perda da firmeza (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009; ALI; CHIN; LAZAN, 2004; MANRIQUE; LAJOLO, 2004).

Ao longo do período de armazenamento observou-se incremento no teor de sólidos solúveis para o tratamento controle (Figura 7B). Os sólidos solúveis dão uma ideia da doçura do fruto durante a maturação, sendo um importante atributo na determinação do sabor. Com o amadurecimento ocorre a síntese dos sólidos

solúveis ou a degradação de polissacarídeos, fazendo com que seu valor aumente neste período (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Observou-se menor teor de sólidos solúveis para os tratamentos com embalagens quando comparado ao controle (Figura 7B). Este resultado pode ser justificado pela alteração nas concentrações dos gases de CO₂ e O₂ dentro das embalagens (Figura 5A e 5B) que promoveu atraso no amadurecimento dos frutos (Figura 8A), reduzindo a síntese dos sólidos solúveis ou a degradação dos polissacarídeos. Abudak e Eris (2004) também observaram redução no teor de sólidos solúveis em duas cultivares de pêssago quando utilizaram embalagens de polipropileno, associando este resultado ao atraso no amadurecimento dos frutos. Esses resultados também são semelhantes aos encontrados em diferentes cultivares de pêssagos e nectarinas com a utilização de embalagens em atmosfera modificada passiva ou ativa (SANTANA et al., 2010; AGAR; SON; KASKA, 1994; FERNÁNDEZ-TRUJILLO; CANO; ARTÉS, 1998).

Figura 7 - Solubilização de pectinas (A) e teor de sólidos solúveis totais (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O ângulo de cor apresentou redução durante o período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6A). A redução do h^0 durante o período de armazenamento indica que houve mudança na coloração de fundo da casca, promovendo uma variação da cor verde para a cor amarela, indicando o amadurecimento dos frutos. Segundo Girardi et al. (2000) a alteração na coloração das frutas é uma das principais mudanças que ocorrem no amadurecimento devido à degradação da clorofila (redução nos valores h^0) e síntese de outros pigmentos, como antocianinas e carotenóides.

Após 30+3 dias as embalagens de 60 e 80 µm independente do tratamento utilizado apresentaram maiores valores de h^0 em relação ao controle. (Figura 6A). Esses resultados indicam que o uso de embalagens de PEBD independente da

espessura utilizada retardou o metabolismo de degradação das clorofilas. Segundo Lana e Finger (2000) embalagens que contenham maior nível de CO₂ e menor O₂ retardam a biossíntese de pigmentos como carotenóides e antocianinas e, conseqüentemente, o amadurecimento dos frutos. Resultados semelhantes foram observados por Santana (2009) e Sasaki (2009) que verificaram maiores valores de h° para frutos embalados com PEBD.

Os valores de C* não apresentaram diferenças significativas ao longo do período de armazenamento e nem entre os tratamentos no período de comercialização simulada (Figura 6B). Esses resultados corroboram aos encontrados por Santos et al. (2008) que também não observaram diferença significativa no período de armazenamento no uso de embalagens de PEBD em pêssegos.

Figura 8 - Ângulo de cor (h°) (A) e Chroma (C*) em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A acidez titulável reduziu ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos, sendo que não houve diferenças significativas entre os tratamentos no período de comercialização simulada aos 30+3 e 40+3 dias (Figura 9A). Resultados semelhantes foram observados por Santana et al. (2010) em pêssegos, que após 3 dias de comercialização simulada também não apresentaram diferença na acidez titulável entre os tratamentos com ou sem embalagens.

Houve incremento no pH para o tratamento controle durante o período de armazenamento (Figura 9B). Durante o período de comercialização simulada verificou-se que aos 30+3 dias o tratamento controle teve maior pH que o tratamento etileno + PEBD de 60 μm + 1-MCP SCF (Figura 9B). O pH foi maior para o tratamento controle em relação aos demais tratamentos aos 40+3 dias (Figura 9B). Durante o processo amadurecimento é comum ocorrer à redução da acidez titulável e o aumento no pH devido ao metabolismo respiratório que continua ocorrendo mesmo depois da colheita dos frutos, fazendo com que vários substratos, como por exemplo, os ácidos orgânicos, sejam utilizados no ciclo de Krebs como forma de geração de energia para a manutenção dos processos vitais do fruto (KLUGE et al., 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Figura 9 - Acidez titulável (A) e pH (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A perda de massa incrementou para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento (Figura 10A e 10B). O incremento na perda de massa durante o armazenamento é um processo normal, promovido pela respiração e, principalmente a transpiração dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os tratamentos com aplicação de etileno + embalagens de PEDB de 60 µm e 80 µm com ou sem 1-MCP SCF reduziram a perda de massa dos frutos na saída do armazenamento refrigerado e no período de comercialização simulação aos 30+3 e 40+3 dias (Figura 10A e 10B). A utilização de embalagens reduz o déficit de pressão de vapor d'água, aumentando a umidade relativa no interior da embalagem e, consequentemente, reduzindo a perda de água dos frutos e ampliando o período de comercialização (KARTAL; ADAY; CANER, 2012; CIA et al., 2007). A redução da perda de massa com a utilização de variados tipos de embalagens também foi

observada por Kluge et al. (1999), em pêssegos 'Flordaprincepe', e por Nunes et al. (2004) em pêssegos 'Aurora-2'. Mohsen (2011) também observou redução da perda de massa com o uso de embalagens em pêssegos 'Flordaprince'. Observou-se também que aos 40+3 dias o tratamento de etileno dia 0 + PEBD 80 μm + 1-MCP SCF apresentou maior redução da perda de massa quando comparado ao tratamento de etileno dia 0 + PEBD 80 μm , evidenciando que a aplicação 1-MCP SCF auxiliou na redução da perda de massa (Figura 10B). O 1-MCP é um inibidor da síntese e ação do etileno, ligando-se aos seus sítios receptores irreversivelmente (BLANKENSHIP; DOLE, 2003), esta inibição reduz os efeitos do etileno procedente de fontes internas e externas, reduzindo a respiração e atrasando o pico climatérico, levando a uma redução na perda de massa e, conseqüentemente, aumentando o tempo de armazenamento do fruto na pós-colheita (LIMA et al., 2005; HERSHKOVITZ; SAGUY; PESIS, 2005). Os resultados encontrados diferem dos encontrados por Pinto e Jorge (2007) que não observaram diferença entre os tratamentos sem ou com a aplicação de 1-MCP.

Figura 10 - Perda de massa em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3 comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O teor de compostos fenólicos incrementou para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento dos frutos (Figura 11A). Segundo Robards et al. (1999), os compostos fenólicos são determinados por fatores genéticos e ambientais, entretanto, podem sofrer alterações em seus teores durante o processamento ou armazenamento. Segundo os mesmos autores o incremento no teor destes compostos geralmente está relacionado com alguma resposta ao estresse após a colheita.

O teor de compostos fenólicos para o tratamento controle foi menor quando comparados com os tratamentos com embalagem independente do tratamento aos 30+3 dias (Figura 11A). O menor teor dos compostos fenólicos para o tratamento controle possivelmente está relacionado com o aumento no índice de lanosidade dos

frutos aos 30+3 dias (Figura 1B), quando além dos frutos apresentarem lanosidade eles também apresentavam sintomas de escurecimento na polpa. Segundo Robarts et al. (1999), embora os compostos fenólicos possam funcionar como antioxidantes e sua produção estar relacionada ao estresse, eles também podem ser utilizados como substratos para a enzima polifenoloxidase (PPO) durante o escurecimento da polpa, onde os compostos fenólicos presentes em concentrações mais elevadas passam a ser oxidados e, conseqüentemente, reduzidos. Os resultados encontrados são semelhantes aos de Tsantili et al. (2010), que observaram uma correlação entre a redução da suculência dos frutos com a redução dos compostos fenólicos em frutos de pêssegos que apresentavam lanosidade.

A capacidade antioxidante (FRAP) apresentou incremento para todos os tratamentos ao longo do armazenamento (Figura 11B). Aumento significativo na capacidade antioxidante também foi observado em pêssegos das cultivares Douradão, Aurora, Biuti e Diamante (SANTOS et al., 2013) e pêssegos 'Harrow Diamond' (TSANTILI et al., 2010) durante o período de armazenamento.

A capacidade antioxidante (FRAP) foi significativamente maior aos 30+3 dias para todos os tratamentos de etileno e embalagens com ou sem 1-MCP SCF em relação ao controle (Figura 11B). Maiores valores de capacidade antioxidante possivelmente estejam relacionados aos maiores teores de compostos fenólicos encontrados aos 30+3 dias (Figura 11A). Segundo Campos et al. (2008) e Silva et al. (2010) a grande maioria dos compostos fenólicos possuem ação antioxidante, que são atribuídos ao alto poder redutor do grupo hidroxila aromático, que reduz radicais livres reativos, como o oxigênio "singlet" ou decompõe peróxidos e produz o radical fenoxila, menos reativo. Esses resultados são congruentes com os encontrados por Gil et al. (2002) que observaram correlação entre o incremento dos compostos fenólicos com o aumento da capacidade antioxidante em pêssego. Estes mesmos autores também relataram que os compostos fenólicos são uns dos principais componentes formadores da capacidade antioxidantes em diferentes variedades de pêssego.

Figura 11 - Teor de compostos fenólicos (A) e capacidade antioxidante (FRAP) (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A podridão incrementou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos. Sendo que, aos 40+3 dias os tratamentos de etileno + PEBD de 60 µm e etileno + PEBD de 60 µm + 1-MCP SCF apresentaram maior incidência de podridão que o tratamento controle (Figura 12). O uso de embalagens é indicado para prolongar o período pós-colheita de frutas, apresentando valores elevados de umidade no interior das embalagens, o que pode ser vantajoso pela diminuição da perda de peso, entretanto, o uso de atmosfera modificada também pode provocar a condensação de vapor d'água na superfície interna das embalagens e facilitar o desenvolvimento microbiano (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2008) em pêssgos, com os frutos embalados apresentando maiores porcentagens de podridões em relação aos frutos controle. No entanto esses resultados são

contrários aos encontrados por Mohsen (2011) que observaram redução na podridão com a utilização de embalagens de polietileno e polipropileno em pêssegos 'Flordaprince'.

Figura 12 - Podridão em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Dados transformados: $(x + 0,5)^{0,2}$

5.4 Considerações Finais

A associação de aplicação de etileno com embalagens de PEBD traz como aspectos positivos a redução da perda de massa e perda de firmeza. A maior atividade da enzima PG está relacionada com a redução da lanosidade. A associação feita com PEBD 60 μm com ou sem a aplicação de 1-MCP SCF reduziu a lanosidade por 30+3 dias, sem afetar os demais aspectos de qualidade. Os tratamentos com a associação com PEBD de 80 μm com ou sem aplicação de 1-MCP SCF foram eficientes na redução da lanosidade e prorrogou a vida útil dos frutos até os 40+3 dias. A aplicação 1-MCP SCF não afeta de maneira geral os atributos de qualidade dos frutos, não sendo recomendado a sua aplicação para essa cultivar.

Referências

- AGAR, I.T.; SON, L.; KASKA, N. Postharvest physiology of some nectarine cultivars. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Cukurova, v. 9 n. 2, p.1–16, 1994.
- AKBUDAK, B.; ERIS, A. Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. **Food Control**, Oxford, v.15, p.307-313, 2004.
- ALI, Z.M.; CHIN, L.; LAZAN, H.A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 2, p. 317-327, 2004.
- ASMAR, S.A.; ABREU, C.M.P.; LIMA, R.A.Z.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, A.D. Firmeza de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 440-444, 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Washington, 2010.
- ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X. Controle do amadurecimento de frutas manipulação da ação do etileno com 1-metilciclopropeno para preservação pós-colheita de maçãs e peras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 236-243.
- BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 239, p. 70-76, 1996.
- BILLY, L.; MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; RENARD, C.M.G.C.; ARVISENET, G.; PROST, C.; JOURJON, F. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 315–324, 2008.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 34, p. 330-334, 1962.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1 -25, 2003.
- BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A. Armazenamento de nêspas (*Eriobotrya japonica*, Lindl.) cv. Mizuho em atmosfera modificada. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 9, p. 18-24, 2004.

BRUMMELL, D.A.; DAL CIN, V.; LURIE, S.; CRISOSTO, C.H.; LABAV-ITCH, J.M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.

BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of wooliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chigago, v.43, n.2, p. 264-266, 1978.

CAMPOS, F.M.; MARTINO, H.S. D.; SABARENSE, C.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481-490, 2008.

CANTÍN, C.M.; CRISOSTO, C.H.; OGUNDIWIN, E.A.; GRADZIEL, T.; TORRENTS, J.; MORENO, M.A.; GOGORCENA, Y. Chilling injury susceptibility in an intra-specific peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] progeny. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58 p. 79–87, 2010.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.

CHOI, J.H.; LEE, S.K. Effect of MA storage on wooliness of 'Yumyeong' peaches. **Postharvest Horticulture Serie**, Washington, v. 3, p. 132–138, 1997.

CIA, P.; BRON, I.U.; VALENTINI, S.R.T.; PIO, R.; CHAGAS, E.A. Atmosfera modificada e refrigeração para a conservação pós-colheita de amora-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 11-16, 2007.

CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus Persica*) flesh mealiness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 151-158, 2002

CRISOSTO, C.; MITCHELL, F.G.; JU, Z. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1116-1118, 1999.

DENÈS, J.M.; BARON, A.; DRILLEAU, J.F. Purification, properties and heat inactivation of pectin methylesterase from apple (cv Golden Delicious). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 80 n. 10, p. 1503–1509, 2000.

DONG, L.; ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 105-115, 2001.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; CANO, A.; ARTÉS, F. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, p. 109-119, 1998.

FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, London, v. 42, p. 675-703, 1991.

GIEHL, R.F.H. **Controle da lanosidade, em pêssegos 'Chiripá', com o uso de atmosfera controlada e etileno**. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

GIL, M.I.; TOMAS-BARBERAN, F.A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A.; Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. New York, v. 50, p. 4976–4982, 2002.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves: EMBRAPA, 2000. 36 p. (Circular Técnico, 28).

GIRARDI, C.L.; CORRENT, A.R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M.R.; COSTA, T.S.; BRACKMANN, A.; TWYMAN, R.M.; NORA, F.R.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 25-33, 2005.

GORRIS, L.G.M.; PEPPELENBOS, H.W. Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. **Horticulture Technology**, Alexandria, v. 2, n. 3, p. 303-309, 1992.

GROSS, K.C. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying poligalacturonase using 2-cyanoacetamide. **Hort Science**, Alexandria, v. 17, p. 933–934, 1982.

HERSHKOVITZ, V.; SAGUY, S.I.; PESIS, E. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, n. 3, p. 252-264, 2005.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z.; GUO, A. Different responses of 'Snow Giant' and 'Elegant Lady' peaches to fruit maturity and storage temperature. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Wellesbourne, v. 76, n. 5, p. 575-580, 2001.

KADER, A.A. A summary of CA requirements and recommendations for fruit other than apples and pears. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7., 1997, Davis. **Proceedings...** v. 3, p. 1-35.

KADER, A.A.; WATKINS, C.B. Modified atmosphere packaging: towards 2000 and beyond. **Hort Technology**, London, v. 10, n. 3, p. 483–486, 2000.

KARTAL, S.; ADAY, M.S.; CANER, C. Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 71, p. 32–40, 2012.

KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO J.A.; JACOMINO A.P.; MARQUES C. Embalagens plásticas para pêssegos 'flordaprince' refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 843-850, 1999.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

LANA, M.M.; FINGER, F.L. **Atmosfera modificada e controlada**: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 34 p

LILL, R.E.; O'DONAGHUE, E.M.; KING, G.A. Postharvest physiology of peaches and nectarines. **Horticultural Reviews**, Leuven, v. 11, p. 413-452, 1989.

LIMA, L.C.; COSTA, S.M.; DIAS, M.S.C.; MARTINS, R.N.; RIBEIROJÚNIOR, P.M. Controle do amadurecimento de banana 'Prata-Anã' armazenada sob refrigeração e atmosfera modificada passiva com o uso do 1-Metilciclopropeno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 476-480, 2005.

LURIE, S. Modified atmosphere storage of peaches and nectarines to reduce storage disorders. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 16, n. 1, p. 57-65, 1993.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine: review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 195-208, 2005.

MANRIQUE, G.D.; LAJOLO, F.M. Cell-Wall polysaccharide modification during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* (L.)). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, p. 11-26, 2004.

McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MOHSEN, A.T. Performance of peach and apricot fruits at cold stored and shelf life as affected by modified atmosphere packaging. **American Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science**, Ashford, v. 10, p. 718-727, 2011.

NAVA, G.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

NEVES, L.C.; CAMPOS, J.C.; PRILL, M.A.S.; ROBERTO, S.R. Woolliness and leatheriness in late peach cultivars submitted to both delayed storage and to cold storage. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 363-369, 2013.

NUNES, E.E.; BOAS, B.M.V.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, L.C.O. Vida útil de pêssegos 'Aurora 2' armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 438-440, 2004.

PAIVA, E.P.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, Madrid, v. 10 n. 4, p. 196-211, 2009.

PALOU, L.; CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; BASINAL, L.M. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 243-254, 2003.

PINTO, L.C.B.; JORGE, J.T. Utilização de 1-metilciclopropeno e resfriamento rápido na conservação de pêssegos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 238-246, 2007.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K.; Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Biochemistry**, Oxford, v. 6 p. 57-74, 1982.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectinesterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, p. 1717-1723, 1969.

ROBARTS, K.; PRENZLER, P.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 66, p. 401-402, 1999.

ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A.; MACHADO, L.B.; PARUSSOLO, A.; KASTER, L.C.; GIRARDI, C.L.; DANIELI, R. Harvesting stage and cold storage influences on the quality of Chiripá peaches (*Prunus persica* (L)). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 19-25, 2001.

SANTANA, L.R.R. **Qualidade pós-colheita de pêssego 'Douradão' sob atmosfera controlada e modificada**, 2009. 176 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

SANTANA, L.R.R.; BENEDETTI, B.C.; SIGRIST, J.M.M.; SARANTOPÓULOS, C.I.G.L. Modified atmosphere packaging extending the storage life of 'Douradão' peach. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1009-1017, 2010.

SANTANA, L.R.R.; BENEDETTI, B. C.; SIGRIST, J.M.M.; SATO, H.H. Effects of modified atmosphere packaging on ripening of 'DOURADÃO'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1084-1094, 2011.

SANTOS, C.A.A.; CASTRO, J.V.; PICOLI, A.A.; ROLIM, G.S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.

SANTOS, C.M.; ABREU, C.M.P. FREIRE, J.M.; CORRÊA, A.D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 339-344, 2013.

SASAKI, F.F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**, 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; SANTANA, A.S.; KOBLITZ, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v.10, p. 63-68, 1959.

TSANTILI, E.; SHIN, Y.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 27–34, 2010.

ZHOU, H.W.; DONG, L.; BEN ARIE, R.; LURIE, S. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 158, v. 55–61, 2001b.

ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; KHALCHITSKI, A.; BEN ARIE, R.; LERS, A.; LURIE, A. Cell wall enzymes and cell wall changes in 'Flavortop' nectarines: mRNA abundance, enzyme activity, and changes in pectic and neutral polymers during ripening and in woolly fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, p. 630–637, 2000.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; BEN-ARIE, R.; DONG, L.; BURD, S.; WEKSLER, A.; LERS, A. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. **The Journal of Horticultural Science Biotechnology**, Alexandria, v. 76, n. 5, p. 620–628, 2001a.

ZOFFOLI, J.P.; RODRIGUEZ, J.; ALDUNCE, P.; CRISOSTO, C.H. Development of high concentration carbon dioxide modified atmosphere packaging systems to maintain peach quality. **Postharvest Horticulture Serie**, London, v. 3, p. 37–45, 1997.

ZOFFOLI, J.P.; BALBONTIN, S.; RODRIGUEZ, J.; RETAMALES, J.; DEFILIPPI, B. Effect of modified atmosphere packaging and maturity on susceptibility to mealiness and flesh browning of peach cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 592, p. 573–579, 2002.

6 COMBINAÇÃO DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO E ATMOSFERA MODIFICADA REDUZ LANOSIDADE E MANTÉM A QUALIDADE DE PÊSSEGOS ‘DOURADÃO’ SOB REFRIGERAÇÃO

Resumo

Frutos de pessegueiro são muito perecíveis e deterioram-se rapidamente em temperatura ambiente tornando essencial o uso da refrigeração para prolongar a vida útil. Entretanto, o uso de baixas temperaturas pode promover danos por frio, limitando o armazenamento refrigerado e a aceitação dos frutos pelo consumidor. Em pêsssegos ‘Douradão’, a lanosidade é a principal desordem fisiológica causada pela refrigeração, promovendo ressecamento na polpa, aparência farinácea e perda de suculência e de sabor. O objetivo do estudo foi verificar os efeitos combinados de condicionamento térmico e atmosfera modificada passiva na qualidade pós-colheita de pêsssegos ‘Douradão’. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Controle (frutos sem tratamento); condicionamento térmico por 24 h a 25°C + PEBD 60 µm; condicionamento térmico por 48 h a 25°C + PEBD 60 µm; condicionamento térmico por 24 h a 25°C + PEBD 80 µm e condicionamento térmico por 48 h a 25°C + PEBD 80 µm. Após a realização dos tratamentos os frutos permaneceram em câmaras frias a 0°C por 30 ou 40 dias (+ 3 dias de comercialização simulada a 25°C). Os resultados mostraram que aos 30+3 dias todos os tratamentos de 24 e 48 h associados às embalagens de PEBD de 60 µm ou 80 µm reduziram a lanosidade, perda de massa, sólidos solúveis e intensificaram a perda da firmeza, atividade da enzima poligalacturonase, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. O tratamento de 24 e 48 h associado à embalagem de 60 µm incrementou a solubilização das pectinas. Aos 40+3 dias os tratamentos de 24 e 48 h associados a embalagens de PEBD 80 µm apresentaram redução da lanosidade, no entanto, apresentaram alta porcentagem de podridão quando comparado ao controle. Tratamentos de condicionamento térmico de 24 ou 48 h em associação com embalagens de PEBD de 60 µm e 80 µm reduz a lanosidade e aumenta a capacidade antioxidante dos frutos, sem afetar os demais atributos de qualidade por 30 dias sob refrigeração.

Palavras-chave: Frutos de caroço; Injúria por frio; Conservação; Modificação da atmosfera; Poligalacturonase

Abstract

Peach is a very perishable fruit and deteriorates rapidly at room temperature, what makes the use of cold storage essential to extend the shelf-life. However, the use of low temperatures can promote chilling injuries, limiting the cold storage and acceptance of the fruit by the consumer. In ‘Douradão’ peaches, the woolliness is the main physiological disorder caused by cooling, promoting pulp drying, mealy appearance and loss of juiciness and flavor. The aim of the study was to investigate the combined effects of heat treatment and passive modified atmosphere on postharvest quality of ‘Douradão’ peaches. The fruits were submitted to the following treatments: control (untreated fruits); heat treatment for 24 h at 25°C + LDPE 60 µm; heat treatment for 48 h at 25°C + LDPE 60 µm; heat treatment for 24 h at 25°C +

LDPE 80 μm and heat treatment for 48 h at 25°C + LDPE 80 μm . After the treatments, the fruits were stored at 0°C for 30 or 40 days (plus 3 days of simulated marketing at 25°C). The results showed that at the 30+3 days all treatments of 48 h associated with LDPE packagings of 60 μm or 80 μm reduced woolliness, weight loss, soluble solids and intensified the loss of firmness, polygalacturonase enzyme activity, phenolic compounds and antioxidant capacity. Treatments of 24 and 48 h associated with the LDPE packaging of 60 μm enhanced the solubility of the pectins. At 40+3 days, only treatments of 48 h associated with LDPE packaging of 80 μm had reduced woolliness. However, they showed a high percentage of decay when compared to the control. Heat treatments of 24 or 48 h in association with LDPE packagins of 60 and 80 μm reduced woolliness and increased the antioxidant capacity of fruits, without affecting other quality attributes for 30 days under refrigeration.

Keywords: Stone fruit; Chilling injury; Conservation; Atmosphere modification; Polygalacturonase

6.1 Introdução

O pêssogo [*Prunus persica* (L.) Batsch] é a espécie mais importante do gênero *Prunus*, sendo um dos frutos mais importantes no mundo em termos de produção (CANTIN et al., 2010). É um fruto climatério de alta perecibilidade, deteriorando-se rapidamente em temperatura ambiente (LURIE; CRISOSTO, 2005). O uso de baixas temperaturas, próximas a 0°C, tem sido usada para prolongar a vida útil de pêssogo até 3 a 4 semanas, dependendo da cultivar. Períodos prolongados em baixa temperatura podem originar injúrias pelo frio, caracterizado pela lanosidade (perda de suculência) e escurecimento da polpa. Estes danos geralmente são percebidos após alguns dias em temperatura ambiente, durante a comercialização (ZHOU et al., 2001; LURIE; CRISOSTO, 2005; CRISOSTO; LABAVITCH 2002). Segundo Zhou, Ben-Aire e Lurie (2000), a lanosidade é um tipo de injúria por frio em frutos com caroço resultante do desequilíbrio na atividade das enzimas pectinolíticas na fase de maturação, com aumento da atividade da pectinametilesterase (PME) e a redução da poligalacturonase (PG), gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar gel, conduzindo à ausência de suco e dando o aspecto farináceo (ZHOU et al., 2001; LURIE; CRISOSTO, 2005). Estas substâncias parcialmente degradada podem, inclusive, invadir os espaços intercelulares e as células do mesocarpo, capturando a água ali presente (BRON; JACOMINO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2002).

Na tentativa de prolongar o tempo de refrigeração e manter a qualidade torna-se necessário o uso de tecnologias suplementares à refrigeração, como os tratamentos térmicos. O pré-condicionamento ou condicionamento térmico é um tipo de tratamento térmico que consiste em expor os frutos por 1 ou 2 dias após a colheita em temperaturas entre 20°C a 30°C antes do armazenamento refrigerado (INFANTE; MENESES; CRISOSTO, 2009). Crisosto et al. (2004) observaram que condicionamento térmico por 48 horas a 20°C de pêssegos 'Summer Lady' e 'Ryan Sun' reduziu a lanosidade sem afetar a qualidade dos frutos, aumentando assim o período de armazenamento. Tratamento com condicionamento térmico incrementou a atividade da enzima PG em pêssegos (VON MOLLENDORFF; DE VILLIERS, 1988) e nectarinas (ZHOU et al., 2000), tendo reduzido a lanosidade dos frutos quando comparados aos frutos refrigerados imediatamente após a colheita. Redução da lanosidade também foi observada em pêsego ou nectarinas sob o uso de condicionamento térmico por 1 ou 2 dias (ZHOU et al., 1999; SASAKI et al., 2010; NEVES et al., 2013). O condicionamento além de prolongar a vida útil dos frutos também melhorou a qualidade sensorial dos frutos, aumentando a aceitabilidade pelos consumidores (INFANTE; MENESES; CRISOSTO, 2009). No entanto, uns dos problemas relatados por alguns autores é a redução da firmeza e o incremento na perda de massa (STREIF; RETAMALES; COOPER, 1994; RETAMALES et al., 1992; SASAKI et al., 2010; NEVES et al., 2013).

A atmosfera modificada é uma técnica muito utilizada para limitar a perda de água, retardar o amadurecimento e suprimir doenças em frutas, prolongando a vida útil durante o armazenamento refrigerado (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MALAKOU; NANOS, 2005). Quando se utiliza atmosfera modificada, os níveis de O₂ no interior da embalagem diminuem, enquanto que os de CO₂ aumentam. Essa modificação geralmente resulta da combinação da massa e da taxa respiratória do produto, e também da taxa de transmissão de gases pela embalagem e da sua área de permeação (KARTAL; ADAY; CANER, 2012). No entanto, as alterações nos níveis de O₂ e CO₂ não deve ultrapassar o limite crítico, evitando assim o aparecimento de desordens fisiológicas, como a fermentação (BEAUDRY, 1999). Estudos mostram que o uso de atmosfera modificada passiva em pêssegos sob refrigeração promove a redução da perda de massa e de firmeza e podem reduzir os danos causados pelo frio em algumas variedades (ZOFFOLI et al., 1997, 2002; KLUGE et al., 1999; SANTOS et al., 2008). Santana et al. (2010), após utilizarem

atmosfera modificada ativa com a injeção de gases 1-2 kPa O₂ e 3-6 kPa CO₂ dentro de embalagens de PEBD, verificaram redução da lanosidade após 28 dias de armazenamento a 0°C e também redução na perda de firmeza. Akbudak e Eris (2004), após avaliarem o uso polipropileno e polietileno, verificaram que estas embalagens foram eficientes na manutenção da qualidade de pêssego 'Flavorcrest' e nectarina 'Fantasia', respectivamente, durante 30 e 45 dias de armazenamento.

Segundo Fruk et al. (2014) e Brummell et al. (2004), apesar de existirem muitas pesquisas sobre injúria por frio, este ainda é o principal problema na conservação de pêssego, sendo que mais estudos devem ser realizados para elucidar o papel da PME, já que os resultados encontrados na literatura apresentam discrepância. Buescher e Furmanski (1978) encontraram redução na atividade da PME; Ben Arie; Sonogo (1980) encontraram aumento da PME, enquanto que Obenland e Carroll (2000) e Zhou et al. (2000) acharam níveis inalterados na PME quando os frutos apresentaram injúria por frio.

O pêssego 'Douradão' é uma cultivar que está sendo amplamente cultivada por produtores e com grande aceitação pelos consumidores no Brasil (ALMEIDA; DURIGAN, 2006). O estudo de tecnologias pós-colheita para esta variedade é de extrema relevância, já que diferentes variedades apresentam diferentes respostas aos tratamentos pós-colheita (JU et al., 2001).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da associação do condicionamento térmico com atmosfera modificada passiva na tentativa de reduzir a lanosidade e prolongar a vida útil de pêssegos 'Douradão' sob refrigeração.

6.2 Material e Métodos

Pêssegos 'Douradão' foram colhidos na região de Itupeva (SP), no estágio de maturação fisiológica (quebra da coloração verde de fundo), e transportados ao Laboratório de Fisiologia e Bioquímica de Pós-Colheita, no departamento de Ciências Biológicas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" em Piracicaba (SP), Brasil. Os frutos foram selecionados e padronizados em frutos uniformes, livres de injúrias mecânicas e patógenos visíveis. Os frutos do tratamento controle não receberam nenhum tipo de embalagem e foram armazenados soltos em caixas plásticas abertas.

Utilizaram-se embalagens polietileno de baixa densidade (PEBD) para promover a atmosfera modificada passiva durante o armazenamento refrigerado.

Foram realizados os seguintes tratamentos: T1= Controle (frutos tratamento); T2= Condicionamento térmico por 24 h a 25°C + PEBD 60 µm; T3= condicionamento térmico por 48 h a 25°C + PEBD 60 µm; T4= Condicionamento térmico por 24 h a 25°C + PEBD 80 µm e T5= Condicionamento térmico por 48 h a 25°C + PEBD 80 µm

Para a realização do condicionamento térmico os frutos foram colocados em caixas de plásticas e alocados em caixas herméticas com capacidade de 186 L. Todos os tratamentos foram armazenados em câmaras frias 0°C e 90±5% UR durante 30 ou 40 dias. Após este período, os frutos foram submetidos a um período de comercialização simulada de 3 dias (30+3) e (40+3) a 25°C e 60±5% UR.

As variáveis determinadas foram:

Índice de lanosidade: foi realizada segundo a metodologia de Nava e Brackmann (2002), com adaptações. A avaliação ocorreu de forma subjetiva, considerando a aparência e a quantidade de suco extraído a partir de extração manual dos frutos. Os frutos foram divididos em categorias: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso).

Incidência de podridão: foi avaliada pela contagem dos frutos que apresentaram lesões com diâmetro superior a 0,5 cm, características de ataque por fungos e bactérias. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com podridões.

Perda de massa: foi determinada pela diferença, em %, entre a massa inicial da repetição e a massa verificada após tratamentos e armazenamento.

Coloração da casca: foi analisada com auxílio de um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-300), sendo determinados os valores de ângulo de cor (h°) e chroma (C^*). Foram realizadas duas leituras por fruto, na região equatorial do fruto, avaliando-se a cor de fundo.

Teor de sólidos solúveis: determinou-se com o uso de refratômetro digital (Atago), com correção automática de temperatura para 20°C. Os resultados foram expressos em °Brix.

pH: Utilizou-se 10 g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. A leitura foi feita utilizando-se um pHmetro digital, com eletrodo de vidro (Tecnal, modelo Tec-2), conforme indicado pela AOAC (2010).

Acidez titulável: utilizou-se 10g de amostra triturada que foi diluída em 90 mL de água destilada. Foi efetuada titulação potenciométrica com NaOH 0,1 N até pH 8,10. Os resultados foram expressos em % ácido málico.

Firmeza de polpa: utilizou-se um penetrômetro manual com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Foram efetuadas duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial os mesmos, após a remoção superficial da casca. Os resultados foram expressos em Newtons (N).

Taxa respiratória e produção de etileno: utilizou-se dois frutos por frascos herméticos, com capacidade de 600 mL. Os frascos foram fechados por 1 hora e posteriormente amostras de 0,5 mL do gás foram coletadas com uma seringa de 1 mL por um septo de silicone presente na tampa de cada frasco. Essas amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás (Thermofinigan, modelo Trace 2000 GC) e detector de ionização de chama (FID). A atividade respiratória e a produção de etileno foram calculadas com base nos resultados obtidos das determinações cromatográficas, massa dos frutos contida no interior do frasco, volume do frasco e tempo que os frascos permaneceram fechados. Os resultados para a taxa respiratória foram expressos em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e para a produção de etileno em $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Teores de pectina total, solúvel e % de solubilização das pectinas: o conteúdo de pectina total e solúvel foi extraído segundo a metodologia descrita por McCready e McComb (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente segundo a metodologia descrita por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em g de ácido galacturônico por 100 g de polpa ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$). A % de solubilização das pectinas foi obtida com o uso da seguinte equação: % solubilização = (teor de pectina solúvel/teor de pectina total) x 100

Atividade da PME: foi determinada por meio de espectrofotometria, usando a metodologia adaptada de Ratner, Goren e Monseline (1969). A extração foi realizada triturando-se 5 g de amostra de polpa congelada com 20 mL de NaCl (0,2N) à 4°C (extrato enzimático). Foi adicionado 30 mL de solução de pectina cítrica (1% - diluída em NaCl 0,2 N) com pH corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N), e posteriormente adicionado 5 mL do extrato enzimático. O pH foi novamente corrigido para 7,0 com NaOH (0,1 N) e a amostra foi titulada com NaOH (0,01 N) mantendo-se o pH a 7,0 durante 10 minutos. A atividade da PME foi considerada como a quantidade de

enzima capaz de catalisar a desmetilação da pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por grama de peso fresco por minuto ($\text{nmol g}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Atividade da PG: o extrato enzimático foi extraído de acordo com Denès, Baron e Drilleau (2000), com pequenas modificações. Foram pesados 0,5 g de polpa de pêssigo liofilizado e homogeneizada com 15 mL de acetona fria (Ultraturrax T-25 Basic, Ika) na velocidade 3, e mantidos em caixa de poliestireno expandido com gelo por 30 minuto, e em seguida o sobrenadante descartado. O pellet foi ressuspensionado com 10 mL de acetona fria e mantido em caixa de poliestireno expandido com gelo durante 15 minutos. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e o pellet utilizado para a determinação da enzima. O pellet foi ressuspensionado com 10 mL de 0,2 M Tris (hidroximetil)-aminometano tampão (tampão Tris), pH 7,0 contendo 500 mg L^{-1} de metabissulfito de sódio, 1% de polivinilpolipirrolidona (PVPP) e 1 M de NaCl. A extração foi efetuada durante 2 h em agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo a 4°C. O extrato foi transferido para eppendorf e centrifugado a 20.000 xg durante 15 min a 4°C. O sobrenadante foi usado como extrato para a análise enzimática. A atividade da PG foi determinada de acordo com o método descrito por Gross (1982), que se baseia na medição da redução de grupos formados usando ácido poligalacturônico como substrato. O substrato continha 0,6 mL de uma solução de 0,4% (w/v) de ácido poligalacturônico dissolvido em um tampão de 0,05 M de acetato de sódio em pH 4,5, e a reação foi realizada por adição de 0,15 mL de extrato enzimático, seguida por incubação a 37°C por 10 min com agitação a 30 xg. A reação foi parada com 2 mL de 10 mM de tampão de borato a pH 9 e 0,4 mL de 1% (w/v) de cianoacetamida. A mistura foi colocada em Banho Maria a 100°C por 10 min, seguido por resfriamento em temperatura ambiente. Foram colocados 200 μL de amostra em uma microplaca de fundo plano ultravioleta, e a leitura realizada em leitor de placa múltiplo a 22°C, e a absorbância lida a 276 nm. A curva de calibração foi realizada com ácido D-galacturônico e a atividade de PG foi expressa em mmol de ácido galacturônico por grama de peso seco por minuto ($\text{mmol g}^{-1} \text{min}^{-1}$).

Capacidade antioxidante (FRAP): foram pesados 0,2 g de polpa de pêssigo liofilizado e homogeneizado com 6 mL de metanol (Ultraturrax T-25 de base, Ika), na velocidade 3. A extração foi realizada durante 1 h em um agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo. Em seguida, 2,0 mL de extratos foram transferidos para tubos eppendorf e centrifugados a 15.000 xg

durante 10 min a 4°C. A capacidade antioxidante total foi determinada com base na metodologia de Benzie e Strain (1996). Uma solução tampão de 300 mmol L⁻¹ acetato, pH 3,6 (3,1 g C₂H₃NaO₂•3H₂O) e 16 mL C₂H₄O₂ por litro de solução tampão; 10 mmol L⁻¹, 2,4,6-tripiridyl-s-triazina (TPTZ) em 40 mmol L⁻¹ de HCl; 20 mmol L⁻¹ de FeCl₃•6H₂O foi preparado. O reagente FRAP foi preparado com a mistura de 10 mL de tampão de acetato, 1 mL de TPTZ mL e 1 mL de solução de FeCl₃•6H₂O e incubou-se durante 2 h a 37°C. Uma alíquota de 6 µL do extrato foi colocado em microplaca de fundo plano e posteriormente foram adicionados 198 µL de solução de FRAP foi adicionado. Armazenou-se por 50 min no escuro em temperatura ambiente e a absorbância foi medida a 593 nm utilizando-se um leitor de placas múltiplo (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suíça). Os resultados foram expressos mg trolox em 100 g de peso seco.

Compostos fenólico totais: foram pesados 0,2 g de polpa de pêssgo liofilizado e homogeneizado com 6 mL de metanol (Ultraturrax T-25 de base, Ika), na velocidade 3. A extração foi realizada durante 1 h em um agitador orbital a 200 xg no escuro dentro de uma caixa de poliestireno expandido com gelo. Em seguida, 2,0 mL de extratos foram transferidos para tubos eppendorf e centrifugados a 15.000 xg durante 10 min a 4°C. A quantidade de compostos fenólicos solúveis no sobrenadante obtido foi determinado de acordo com Swain e Hillis (1959) com pequenas modificações. Uma amostra de 19,2 µL de extrato foi colocada em microplaca de fundo plano e posteriormente foram adicionados 29 µL de reagente de Folin-Ciocalteu (1N). Após 3 minutos de incubação no escuro em temperatura ambiente, 192 µL de uma solução contendo Na₂CO₃ (0,4 %) e NaOH (2 %) foi incorporado e se armazenou por 1 h no escuro em temperatura ambiente. A absorbância foi medida a 750 nm em um leitor de placas múltiplo (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suíça). Os resultados foram expresso em mg de ácido gálico em 100 g peso seco.

Para as análises de PME e teores de pectina total e solúvel, as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em freezer -20°C. Para as análises de PG, FRAP e compostos fenólicos as amostras foram congeladas em nitrogênio líquido e liofilizadas, sendo realizadas na Universidade Politécnica de Cartagena, Múrcia, Espanha.

As análises foram realizadas nos dias 0; 30; 30+3; 40 e 40+3, onde cada tratamento foi composto de quatro repetições de quatro frutos. Sendo que para a

composição gasosa foram avaliados nos dias 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40, onde cada tratamento foi composto de 5 repetições de 4 frutos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) pelo software estatístico SAS versão 9.2 (SAS Institute, Cary, NC, USA).

6.3 Resultados e Discussão

O índice de lanosidade aumentou durante o armazenamento para todos os tratamentos (Figura 1A e 1B). Verificou-se que durante o período de simulação comercial, aos 30+3 dias, os tratamentos com condicionamento térmico e embalagens de 60 ou 80 μm apresentaram menor índice de lanosidade que o controle, sendo que aos 40+3 dias somente os tratamentos 24 h + PEBD 80 μm e 48 h + PEBD 80 μm apresentaram menor índice de lanosidade quando comparado ao controle (Figura 1B). Resultados semelhantes foram encontrados por Choi e Lee (1997), que observaram redução na lanosidade após a utilização de atmosfera modificada sob refrigeração em pêssego 'Yumyeong', quando comparado ao controle (frutos sem embalagens). Santana et al. (2010, 2011) observaram redução significativa na lanosidade com o uso de atmosfera modificada ativa em embalagens de PEBD. Malakou e Nanos (2005) observaram que a utilização de MAP para pêssego e nectarina aumentou na vida pós-colheita e melhorou a qualidade físico-química dos frutos, entretanto, não foram observaram diferença significativa na redução da lanosidade.

Figura 1 - Índice de lanosidade em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Índice: 1= frutos com muito suco (não lanoso); 2= frutos com teor mediano de suco (com lanosidade moderada) e 3= fruto com ausência de suco (totalmente lanoso)

A PME apresentou incremento na atividade para todos os tratamentos durante o período de armazenamento (Figura 2A e 2B). Durante a comercialização simulada o controle teve maior atividade desta enzima quando comparado aos demais tratamentos, exceto para o tratamento de 24 h + PEBD de 80 µm. Aos 40+3 dias verificou-se que o tratamento de 48 h + PEBD de 60 µm resultou em maior atividade da PME. A presença de lanosidade em pêssgos é postulada como sendo um desequilíbrio entre a atividade das enzimas pectinolíticas PME e PG durante o armazenamento refrigerado (BEN-ARIE; SONEGO, 1980), gerando um acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau da esterificação, que podem se ligar a água presente nas células e formar gel, conduzindo à ausência de suco e aparência farinácea (ZHOU et al., 2000).

A enzima PME tem apresentado resultados discrepantes na sua atividade em respostas à injúria por frio, como foi observado por Buescher e Furmanski (1978) que encontraram redução na atividade da PME. Ben-Arie e Sonogo (1980) observaram aumento na atividade, enquanto Obenland e Carroll (2000) verificaram níveis inalterados na PME quando os frutos apresentaram lanosidade.

Figura 2 - Atividade da PME em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Brummell et al. (2004) observaram que a síntese da PG é regulada pela ação do etileno, entretanto, não foi observado relação entre a síntese de etileno e a atividade da PME, que pode ser controlada por diversos fatores, podendo ser essa a justificativa para resultados tão discrepantes para a atividade da PME quando os frutos apresentam sintomas de lanosidade.

A PG teve sua atividade aumentada para todos os tratamentos ao longo do período de armazenamento (Figura 3A e 3B). Essa enzima tem sido identificada em vários frutos durante o amadurecimento, e se correlaciona com aumento de pectinas solúveis e amolecimento dos frutos (AHRENS; HUBER, 1990). Ela catalisa a hidrólise das ligações α -(1→4), entre os ácidos galacturônicos, quando esses ácidos são anteriormente desesterificados pela PME (FISCHER; BENNETT, 1991).

A PG apresentou menor atividade para o tratamento controle em relação aos demais tratamentos (Figura 3A e 3B). Pode-se observar uma correlação entre a baixa atividade da PG e o alto índice de lanosidade (Figura 1B) para o tratamento controle. Segundo Brummell et al. (2004), a refrigeração reduz drasticamente a síntese de etileno e, conseqüentemente, a síntese e atividade da PG, gerando um acúmulo de pectinas parcialmente degradadas que passam a absorver água da célula, ocasionando a lanosidade nos frutos. Os resultados obtidos no presente trabalho são semelhantes aos encontrados por Choi e Lee (1997) e Santana et al. (2011), que observaram baixa atividade da PG e alto índice de lanosidade em pêssago sem embalagens (frutos controle), quando comparados aos frutos com embalagens refrigerados por quatro semanas a 0°C.

Zhou et al. (2000) e Brummell et al. (2004) também observaram menor atividade da PG para frutos lanosos após armazenamento refrigerado de nectarinas e pêssagos.

Figura 3 - Atividade da PG em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40= saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A firmeza foi reduzida ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 4A e 4B). A perda da firmeza é um processo natural durante o amadurecimento das frutas que é acompanhada pela solubilização e despolimerização das pectinas, resultando no enfraquecimento e desintegração da parede celular (BILLY et al., 2008).

Na comercialização simulada aos 30+3 e 40+3 dias verificou-se maior redução da firmeza para todos os tratamentos quando comparados com o controle (Figura 4B). Tratamentos de condicionamento térmico comumente aceleram o metabolismo dos frutos e afetam todos os aspectos relacionados ao amadurecimento causando alterações na firmeza (VITTI et al., 2007). Resultados semelhantes foram observados em pêssgos e nectarinas que após receberem

tratamentos de condicionamento térmico apresentaram menor firmeza que frutos não condicionados durante o período de comercialização simulada quando comparado ao controle (SASAKI et al., 2010; STREIF; RETAMALES; COOPER, 1994).

Figura 4 - Firmeza em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3 comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Os valores mais altos de firmeza nos frutos do tratamento controle podem ser atribuídos aos sintomas de injúria por frio (Figura 1B). Brummell et al. (2004) observaram que frutos que apresentavam lanosidade também apresentavam retenção da firmeza, textura emborrachada e ausência de suco livre em pêssgos da variedade O'Henry após 3 ou 4 semanas de refrigeração.

A produção de CO₂ incrementou e da O₂ reduziu para todos os tratamentos de condicionamento térmico em associação as embalagens de PEBD em relação ao controle, sendo que os tratamentos que receberam as embalagens de 60 µm

apresentaram valores em torno de 6% de CO₂ e 5% de O₂, enquanto que para os tratamentos de embalagens de 80 µm, os valores encontrados foram em torno de 16% de CO₂ e 1% de O₂ (Figuras 5A e 5B).

A embalagem de PEBD de 80 µm apresentou maior diferença na concentração de O₂ e CO₂ em relação ao controle por ser mais espessa e apresentar menor permeabilidade aos gases que a de PEBD 60 µm. Segundo Kartal, Aday e Carner (2012), a utilização de embalagem em AM promove redução nos níveis de O₂ e incremento nos níveis de CO₂ no interior das embalagens em função do peso e da taxa de respiração dos frutos, da área de superfície e da taxa de permeabilidade do material da embalagem. Zoffoli et al. (1997), após estudarem diferentes embalagens para a conservação de pêssego, observaram que o nível de CO₂ variou de 10 a 25% e os nível de O₂ de 1,5 a 10 % e que a maiores reduções na injúria por frio foi observado em embalagens com elevados valores de CO₂. Lurie (1993) observou que a utilização de PEBD de 40 µm prolongou a vida útil de pêssegos e nectarinas, reduzindo a incidência de injúria por frio. Akbudak e Eris (2004) observaram que a utilização de embalagens de polipropileno de 30 µm para pêssego 'Flavorcrest' e 'Red Top' e polietileno de 45 µm para nectarinas 'Fantasia' e 'Fairlane' prolongaram a vida útil dos frutos por mais de 30 dias.

Figura 5 - Concentração de CO₂ (A) e concentração de O₂ (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 ± 5% UR. Barras verticais representam o desvio padrão da média ($n=5$). No tratamento controle foram consideradas as concentrações gasosas presentes na atmosfera

O teor de pectina total mostrou redução ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6A). Redução no teor de pectinas totais durante o amadurecimento é um processo comumente ocasionado principalmente pela atividade das enzimas de degradação de parede celular, PME e PG (FISCHER; BENNETT, 1991).

Aos 30+3 e 40+3 dias os tratamentos controle, 24 h + PEBD 80 µm e 48 h + PEBD 80 µm apresentaram maiores teores de pectinas totais (Figura 6A). O incremento no teor de pectina total para o tratamento controle pode ser justificado pela redução da atividade da PG (Figura 3B), levando ao acúmulo de pectinas parcialmente degradadas e promovendo incremento na lanosidade nos frutos (Figura 1B). Resultados semelhantes foram observados por Ju et al. (2001), que

verificaram maior conteúdo de pectinas insolúveis (pectinas totais) para o tratamento controle, o qual apresentava elevado índice de lanosidade nos frutos. O maior teor de pectinas totais para os tratamentos de 24 h ou 48 h + PEBD 80 μm possivelmente ocorreu devido à alteração na concentração de CO_2 e O_2 , os quais retardaram a degradação das pectinas e o amadurecimento. Esses resultados corroboram com os encontrados por Sasaki (2009), que observou maior teor de pectinas totais quando foi utilizado PEBD de 100 μm .

O teor de pectina solúvel aumentou com o tempo de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 6B). Resultados semelhantes foram observados por Nunes et al. (2004), que encontraram incremento nas pectinas solúveis durante o período de armazenamento de pêssegos 'Aurora 2' com ou sem a utilização de embalagens.

Aos 30+3 dias o teor de pectina solúvel foi menor para o tratamento de 24 h a 25°C + PEBD 80 μm quando comparado ao controle (Figura 6B). Também observou-se que a exposição dos frutos ao condicionamento térmico de 48 h apresentou maior teor de pectinas solúveis que o condicionamento de 24 h com a utilização de PEBD de 80 μm . Esses resultados corroboram com os encontrados por Crisosto et al. (2004), que observaram maior redução na firmeza com condicionamento térmico de 48 h quando comparado aos tratamentos controle e condicionamento de 24 h em pêssego 'Flavorcrest'.

A solubilização das pectinas aumentou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 7A). A solubilização e a despolimerização das pectinas são comumente encontradas na maioria dos frutos durante o processo de amadurecimento e possuem uma relação direta com a perda da firmeza (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009; ALI; CHIN; LAZAN, 2004). Observou-se menor solubilização das pectinas para o tratamento controle quando comparado aos tratamentos 24 h + PEBD 60 μm e 48 h + PEBD 60 μm aos 30+3 dias (Figura 7A). A menor solubilização das pectinas para o tratamento controle está relacionada ao alto teor de pectinas totais (Figura 6A), coincidindo com a redução da atividade da PG (Figura 3B) e a presença dos sintomas de lanosidade (Figura 1B). Resultados semelhantes também foram observados por Dawson, Melton e Watkins (1992); Lurie et al. (1994); Sasaki et al. (2010), que observaram que os frutos que possuíam maior teor de pectinas totais e menor porcentagem de solubilização apresentavam também maior incidência de lanosidade.

Aos 40+3 dias o tratamento 48 h + PEBD 60 μ m apresentou maior solubilização das pectinas quando comparado ao controle e aos filmes de 80 μ m (Figura 7A). Esses resultados indicam que houve o efeito do condicionamento térmico de 48 horas combinado com filmes de 60 μ m na solubilização das pectinas. Sasaki (2009) também observou redução significativa na solubilização das pectinas em pêssegos submetidos ao condicionamento térmico de 48 h antes da refrigeração.

Figura 6 - Teor de pectina total (A) e teor de pectina solúvel (B) em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90 $\pm$ 5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60 $\pm$ 5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Ao longo do período de armazenamento observou-se incremento no teor de sólidos solúveis para todos os tratamentos (Figura 7B). Aumento no teor de sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento também foi verificado por Santana et al. (2010) em pêssegos 'Douradão'.

Quando se avaliou a diferença entre os tratamentos observou-se maior teor de sólidos solúvel para o tratamento controle aos 30+3 dias e 40+3 dias (7B). Esses resultados corroboram com os encontrados por Abudak e Eris (2004) que

verificaram, em duas cultivares de pêssego, que o uso de embalagem de polipropileno proporcionaram menores teores de sólidos solúveis quando comparado aos frutos sem embalagem. Estes mesmos autores atribuíram o resultado encontrado ao retardo no amadurecimento dos frutos. Redução no teor de sólidos solúveis com a utilização de diferentes tipos de embalagens também foram observados em diferentes cultivares de pêssegos e nectarinas (SANTANA et al., 2010; AGAR; SON; KASKA, 1994; FERNANDEZ; ARTES, 1998).

Figura 7 - Solubilização de pectinas (A) e teor de sólidos solúveis totais (B) em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

O h° apresentou redução durante o período de armazenamento para todos os tratamentos durante o período de comercialização simulada (Figura 8A). O ângulo de cor é uma medida apropriada para expressar a variação da coloração em produtos vegetais, em que o h° é de 90° na cor amarela e de 180° no verde. Segundo Robertson et al. (1992) o h° da epiderme dos frutos geralmente diminui à medida que se prolonga o período de armazenamento.

O h° apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo os tratamentos 24 h e 48 h + PEBD 80 μ m apresentaram maior valor em relação ao controle de 30+3 dias (Figura 8A). Esses resultados indicam que houve efeito da embalagem de 80 μ m e não do tempo de exposição ao condicionamento térmico. O maior valor encontrado no para h° indica um atraso no amadurecimento dos frutos, que pode ser explicada pela redução na intensidade do metabolismo promovido pelos baixos níveis de O_2 e altos de CO_2 dentro das embalagens. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a redução do metabolismo pela modificação da atmosfera, reduz a degradação da clorofila e a síntese de outros pigmentos.

Resultados semelhantes foram observados por Santana (2009) com o uso embalagens de PEBD que apresentaram maiores valores de h° no período de comercialização simulada quando comparado ao controle (sem embalagens).

O C^* apresentou incremento durante o período de armazenamento para todos os tratamentos durante o período de comercialização simulada (Figura 8B). Esses resultados diferem dos encontrados por Sasaki (2009), que não observou diferença significativa no período de armazenamento com ou sem embalagens em pêssegos 'Douradão'.

Figura 8 - Ângulo de cor (h°) (A) e Chroma (C^*) em pêssgo ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e $90\pm 5\%$ UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e $60\pm 5\%$ UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Durante o período de armazenamento verificou-se redução da acidez titulável (Figura 9A) e aumento do pH para todos os tratamentos (Figura 9B). Essas respostas são comuns durante o amadurecimento de frutas, onde a redução na acidez ocorre devido ao metabolismo respiratório que consome os ácidos, açúcares e outros substratos (KLUGE et al., 2002; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Resultados semelhantes foram observados por Mohsen (2011) durante o tempo de armazenamento para pêssgo ‘Flordaprince’ e damasco ‘Canino’ em frutos com ou sem embalagens.

O tratamento 48 h + PEBD 60 μm resultou em menor acidez titulável aos 40+3 dias em relação ao controle (Figura 9A). A redução na acidez foi influenciada pelo condicionamento térmico de 48 h quando se utilizou PEBD 60 μm . O tempo de 48 h possivelmente acelerou o metabolismo da fruta, aumentando a respiração e, conseqüentemente, reduzindo a acidez.

No entanto, os resultados diferem dos encontrados por Malakou e Nanos (2005), que não observaram diferença na acidez titulável entre os tratamentos em pêssegos ‘Royal Glory’ e nectarinas ‘Caldesi 2000’ quando se utilizou tratamento térmico e atmosfera modificada. Obenland e Neipp (2005) também não notaram diferença entre os tratamentos em pêssegos ‘Elegant Lady’, ‘Diammont Princess’, ‘Klondike’ e ‘Ryan Sun’ quando os frutos foram tratados termicamente antes da refrigeração.

O pH foi significativamente maior para os tratamentos de condicionamento térmico e embalagem de PEBD de 60 ou 80 μm quando comparado ao controle aos 40+3 dias (Figura 9B). Esses resultados diferem dos obtidos por Malakou e Nanos (2005), que não observaram diferença no pH quando se utilizou tratamento térmico e atmosfera modificada em pêssegos e nectarinas.

Figura 9 - Acidez titulável (A) e pH (B) em pêssego ‘Douradão’ armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

A perda de massa incrementou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 10A e 10B). A perda de massa do controle foi muito maior na saída dos frutos da câmara fria (Figura 10A) e no período de comercialização simulada quando comparado aos tratamentos de condicionamento térmico associado às embalagens de 60 μm e 80 μm (Figura 10B). Segundo Tavares, Chitarra e Chitarra (1991), a utilização de embalagens de filmes plásticos durante o armazenamento refrigerado promove maior umidade relativa ao redor das frutas, reduzindo o déficit de pressão de vapor e, conseqüentemente, a transpiração. Isso faz com que as frutas permaneçam com mais turgidez e sem sintomas de murchamento.

A redução da perda de massa em pêssegos com a utilização de variados tipos de embalagens também foi observada por Kluge et al. (1999) na cultivar 'Flordaprincepe', Nunes et al. (2004) na cultivar 'Aurora-2', Santana et al. (2010) na cultivar 'Douradão' e por Mohsen (2011) em pêssegos 'Flordaprince'.

Figura 10 - Perda de massa em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30 e 40 = saída da câmara fria (A), 30+3 e 40+3 comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR) (B). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Houve incremento no teor de compostos fenólicos para todos os tratamentos (Figura 11A). Segundo Robards et al. (1999), os compostos fenólicos são determinados por fatores genéticos e ambientais, entretanto, podem ser modificados por meio de reações oxidativas durante processamento ou de armazenamento, onde geralmente o incremento no teor destes compostos estão relacionados com alguma resposta ao estresse.

Os compostos fenólicos foram maiores para todos os tratamentos de condicionamento térmico e embalagens de PEBD aos 30+3 e 40+3 dias quando comparado ao controle (Figura 11A). Segundo Malakou e Nanos (2005), a exposição de frutos a altas temperaturas antes do armazenamento refrigerado leva a um

incremento no teor de compostos fenólicos como forma de proteção ao tecido vegetal gerado pelo estresse promovido pela temperatura. Estes mesmos autores verificaram incremento nos teores de compostos fenólicos em pêssego 'Royal Glory' no período de comercialização simulada com a aplicação de tratamento térmico (imersão em água quente) antes da refrigeração.

Ocorreu incremento na capacidade antioxidante (FRAP) para os tratamentos 48 h + PEBD de 60 μ m e 48 h + PEBD de 80 μ m ao longo do período de armazenamento (Figura 11B). Observou-se que o FRAP foi maior para todos os tratamentos de condicionamento térmico em associação a embalagens de PEBD quando comparado ao controle aos 30+3 e 40+3 dias.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Vicente et al. (2006), que observaram incremento na capacidade antioxidante de morangos no período de comercialização simulada quando os frutos foram tratados termicamente antes da refrigeração a 0°C, estes mesmos autores atribuíram este resultado ao alto teor de ácido ascórbico encontrado nestes tratamentos.

O aumento na capacidade antioxidante dos frutos de pêssego 'Douradão' pode ser atribuído aos maiores teores de compostos fenólicos totais encontrados nesses tratamentos (Figura 11A). Estudos mostram que a grande maioria dos compostos fenólicos possuem ação antioxidante, que são atribuídos ao alto poder redutor do grupo hidroxila aromático, que reduz radicais livres reativos, como o oxigênio "singlet" ou decompõe peróxidos e produz o radical fenoxila, menos reativo (CAMPOS et al., 2008; SILVA et al., 2010). Esses resultados são congruentes com os encontrados por Gil et al. (2002), que observaram correlação para elevação da capacidade com o alto teor de compostos fenólicos em frutos de pêssego.

Figura 11 - Teor de compostos fenólicos totais (A) e capacidade antioxidante (FRAP) (B) em pêssgo 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Observou-se que a porcentagem de podridão dos frutos incrementou ao longo do período de armazenamento para todos os tratamentos (Figura 12). Aos 40+3 dias, o índice de podridão foi maior para todos os tratamentos de condicionamento térmico + embalagens quando comparado ao controle. A utilização de embalagens plásticas durante o armazenamento ajuda a manter valores elevados de umidade relativa no interior da embalagem, o que geralmente promove a diminuição de perda de peso, mas pode levar a uma condensação de vapor de água na superfície interna das embalagens e facilitar o desenvolvimento de patógenos.

O aumento na porcentagem de podridão também pode estar relacionado com a exposição dos frutos a temperaturas que são propícias a germinação de esporos de fungos, como foi observado por Steffens et al. (2008) em goiabas 'Pedro Sato' quando se utilizou tratamentos de condicionamento térmico. Resultados

semelhantes foram observados por Santos et al. (2008) em pêssegos 'Douradão', onde os frutos embalados em PEBD apresentam maiores porcentagens de podridões em relação aos frutos controle.

Mohsen (2011), por outro lado, observaram redução na podridão com a utilização de tratamento térmico e embalagens de polietileno e prolipropileno em pêssegos 'Flordaprince' no período de comercialização simulada, após 20 dias de armazenamento refrigerado a 0°C.

Figura 12 - Índice de podridão em pêssego 'Douradão' armazenado por 40 dias a 0°C e 90±5% UR. Dia 0= colheita, 30+3 e 40+3= comercialização simulada (3 dias de armazenamento a 25°C e 60±5% UR). Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre os momentos de avaliação e minúscula entre os tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Dados transformados: $(x + 0,5)^{0,2}$

6.4 Considerações Finais

Os tratamentos de condicionamento térmico de 24 ou 48 h em associação a embalagens de PEBD de 60 μm reduziram a lanosidade até os 30+3 dias. Os tratamentos de condicionamento térmico 24 ou 48 h e PEBD de 80 μm reduziram a lanosidade até os 40+3 dias, entretanto, apresenta como aspecto negativo, o aumento de podridões, o que reduz a qualidade. A associação de condicionamento térmico e PEBD foi eficaz na redução da perda de massa, além de aumentar a capacidade antioxidante dos frutos. A associação de condicionamento térmico de 24 ou 48 h e embalagens de PEBD de 60 ou 80 μm pode ser indicada para ampliar a vida útil de pêssego 'Douradão' para 30 dias sob refrigeração, seguido de 3 dias de comercialização simulada.

Referências

AGAR, I.T.; SON, L.; KASKA, N. Postharvest physiology of some nectarine cultivars. **Journal of the Faculty of Agriculture**, Cukurova, v. 9, n. 2, p. 1–16, 1994.

AHRENS, M.J.; HUBER, D.J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 78, p. 8-14, 1990.

AKBUDAK, B.; ERIS, A. Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. **Food Control**, Oxford, v. 15, p. 307-313, 2004.

ALI, Z.M.; CHIN, L.H.; LAZAN, H. A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. **Plant Science**, London, v. 167, p. 317–327, 2004.

ALMEIDA, G.V.B.; DURIGAN, J.F. Relação entre as características químicas e o valor dos pêssegos comercializados pelo sistema veiling frutas Holambra em Parapanapanema-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 218-221, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International**. 18th ed. Washington, 2010.

BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 293–303, 1999.

BEN-ARIE, R.; SONEGO, L. Pectolytic enzyme activity involved in woolly breakdown of stored peaches. **Phytochemistry**, Oxford, v. 19, p. 2553–2555, 1980.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, Washington, v. 239, p. 70-76, 1996.

BILLY, L.; MEHINAGIC, E.; ROYER, G.; RENARD, C.M.G.C.; ARVISENET, G.; PROST, C.; JOURJON, F. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 315–324, 2008.

BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 34, p. 330-334, 1962.

BRON, I.U.; JACOMINO, P. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1349-1358, 2002.

- BRUMMELL, D.A.; DAL CIN, V.; LURIE, S.; CRISOSTO, C.H.; LABAV-ITCH, J.M. Cell wall metabolism during the development of chilling injury in cold-stored peach fruit: association of mealiness with arrested disassembly of cell wall pectins. **Journal Experimental Botany**, Lancaster, v. 55, p. 2041-2052, 2004.
- BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R.J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 264-266, 1978.
- CAMPOS, F.M.; MARTINO, H.S. D.; SABARENSE, C.M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481-490, 2008.
- CANTÍN, C.M.; CRISOSTO, C.H.; OGUNDIWIN, E.A.; GRADZIEL, T.; TORRENTS, J.; MORENO, M.A.; GOGORCENA, Y. Chilling injury susceptibility in an intra-specific peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] progeny. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58 p. 79–87, 2010.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- CHOI, J.H.; LEE, S.K. Effect of MA storage on wooliness of 'Yumyeong' peaches. **Postharvest Horticulture Serie**, Ashford, v. 3, p. 132–138, 1997.
- CRISOSTO, C.H.; LABAVITCH, J.M. Developing a quantitative method to evaluate peach (*Prunus Persica*) flesh mealiness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 151-158, 2002.
- CRISOSTO, C.H.; GARNER, D.; ANDRIS, H.L.; DAY, K.R. Controlled delayed cooling extends peach market life. **Hort Technology**, Alexandria, v. 14, p. 99–104, 2004.
- DAWSON, D.M.; MELTON, L.D.; WATKINS, C.B. Cell wall changes in nectarines: solubilization and depolymerization of pectic and neutral polymers during ripening and in mealy fruit. **Plant Physiology**, Rockville, v. 100, p. 1203-1210, 1992.
- DENÈS, J.M.; BARON, A.; DRILLEAU, J.F. Purification, properties and heat inactivation of pectin methylesterase from apple (cv Golden Delicious). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 80 n. 10, p. 1503–1509, 2000.
- FERNANDEZ, T.J.P.; ARTES, F. Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. **Postharvest News and Information**, Cambridge, v. 9, n. 5, p. 2010, 1998.
- FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, New York, v. 42, p. 675-703, 1991.
- FRUK, G.; CMELIK, Z.; JEMRIC, T.; HRIBAR, J.; VIDRIH, R. Pectin role in woolliness development in peaches and nectarines: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 180, p. 1–5, 2014.

GIL, M.I.; TOMAS-BARBERAN, F.A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A.; Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Davis, v. 50, p. 4976–4982, 2002.

GROSS, K.C. A rapid and sensitive spectrophotometric method for assaying poligalacturonase using 2-cyanoacetamide. **Hort Science**, Alexandria, v. 17, p. 933–934, 1982.

INFANTE, R.; MENESES, C.; CRISOSTO C.H. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'September Sun' peach following cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, Washington, v. 44, p. 1011–1016, 2009.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z.; GUO, A. Different responses of 'Snow Giant' and 'Elegant Lady' peaches to fruit maturity and storage temperature. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Wellesbourne, v. 76, n. 5, p. 575-580, 2001.

KARTAL, S.; ADAY, M.S.; CANER, C. Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 71, p. 32–40, 2012.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

KLUGE R.A.; SCARPARE FILHO J.A.; JACOMINO A.P.; MARQUES C. Embalagens plásticas para pêssegos 'flordaprince' refrigerados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 843-850, 1999.

LURIE, S. Modified atmosphere storage of peaches and nectarines to reduce storage disorders. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 16, n. 1, p. 57-65, 1993.

LURIE, S.; CRISOSTO, C.H. Chilling injury in peach and nectarine: review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, p. 195-208, 2005.

LURIE, S.; LEVIN, A.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M. Pectic polymer changes in nectarine during normal and abnormal ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v. 36, p. 11-17, 1994.

MALAKOU, A.; NANOS, G.D. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, p. 106–114, 2005.

McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MOHSEN, A.T. Performance of peach and apricot fruits at cold stored and shelf life as affected by modified atmosphere packaging. **American Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science**, London, v. 10, p. 718-727, 2011.

NAVA, G.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 328-332, 2002.

NEVES, L.C.; CAMPOS, J.C.; PRILL, M.A.S.; ROBERTO, S.R. Woolliness and leatheriness in latepeach cultivars submitted to both delayed storage and to cold storage. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 363-369, 2013.

NUNES, E.E.; VILAS BOAS, B.M.; CARVALHO, G.L.; SIQUEIRA, H.H.; LIMA, C.O. Vida útil de pêssegos 'Aurora 2' armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 3, p. 438-440, 2004.

OBENLAND, D.M.; CARROLL, T.R. Mealiness and pectolytic activity in peaches and nectarines in response to heat treatment and cold storage. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, p. 723-728, 2000.

OBENLAND, D.M.; NEIPP, P. Peach and nectarine quality following treatment with high-temperature forced air combined with controlled atmosphere. **Hort Science**, Alexandria, v. 40, n. 5, p. 1425-1430, 2005.

PAIVA, E.P.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, Madrid, v. 10 n. 4, p. 196-211, 2009.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectinesterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, p. 1717-1723, 1969.

RETAMALES, J.; COOPER, T.; STREIF, J.; KANIA, J. C. Preventing cold storage disorders in nectarines. **Journal of Horticultural Science**, Ahsford, v. 67, n. 5, p. 619-626, 1992.

ROBERTSON, J.A.; MEREDITH, F.I.; CHAPMAN, G.W.; SHERMAN, W. . Ripening and cold storage changes in the quality characteristics of nonmelting clingstone peaches (FLA 9-20C). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 2, p. 462-465, 1992.

ROBARTS, K.; PRENZLER, P.D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, Davis, v. 66, p. 401-436, 1999.

SANTANA, L.R.R. **Qualidade pós-colhita de pêssego 'Douradão' sob atmosfera controlada e modificada**, 2009. 176 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

- SANTANA, L.R.R.; BENEDETTI, B.C.; SIGRIST, J.M.M.; SARANTOPÓULOS, C.I.G.L. Modified atmosphere packaging extending the storage life of 'Douradão' peach. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1009-1017, 2010.
- SANTANA, L.R.R.; BENEDETTI, B.C.; SIGRIST, J.M.M.; SATO, H.H. Effects of modified atmosphere packaging on ripening of 'DOURADÃO'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1084-1094, 2011.
- SANTOS, C.A.A.; CASTRO, J.V.; PICOLI, A.A.; ROLIM, G.S. Uso de quitosana e embalagem plástica na conservação pós-colheita de pêssegos 'Douradão'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 88-93, 2008.
- SASAKI, F.F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**, 2009. 178 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- SASAKI, F.F.; CERQUEIRA, T.S.; SESTARI, I.; DEL AGUILA, J.S.; KLUGE, R.A. Woolliness control and pectin solubilization of 'Douradao' peach after heat shock treatment. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 877, p. 539-542, 2010.
- SILVA, M.L.C.; COSTA, R.S.; SANTANA, A.S.; KOBLITZ, M.G.B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Ciências Agrárias**, Semina, v. 31, p. 669-682, 2010.
- STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; SILVEIRA, J.P.G.; CHECHI, R.; ESPINDOLA, B.P. Tolerância ao dano pelo frio e qualidade pós-colheita em goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao condicionamento térmico. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, p. 75-80, 2008.
- STREIF, J.; RETAMALES, J.; COOPER, T. Preventing cold storage disorders in nectarines. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 368, p. 160-166, 1994.
- SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.10, p. 63-68, 1959.
- TAVARES, L.B.B.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Using modified atmosphere in the storage of two peaches cvs (*Prunus persica* (L.) Batsch): 1. Potential of conservation and quality. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 3/4, p. 401-413, 1991.
- VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, R.A.; CIVELLO, P.M. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 40, p. 116-122, 2006.

VITTI, D.C.C.; KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P.; LIMA, G.P.P. Tratamento térmico para controle da lanosidade em pêssegos 'Dourado-2' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1705-1713, 2007.

VON MOLLENDORFF, L.J.; DE VILLIERS O.T. Role of pectolytic enzymes in the development of woolliness in peaches. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 58, p. 63-53, 1988.

ZHOU, H.W.; BEN ARIE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, p. 191-195, 2000.

ZHOU, H.W.; DONG, L.; BEN-ARIE, R.; LURIE, S. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 158, p. 55-61, 2001.

ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R.; LURIE, S. Analysis of cell wall components in juice of 'Flavortop' nectarines during normal ripening and woolliness development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 4, p. 424-429, 1999.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; LERS, A.; KHATCHITSKI, A.; SONEGO, L.; BEN-ARIE, R. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 18, n. 2, p. 133-141, 2000.

ZOFFOLI, J.P.; RODRIGUEZ, J.; ALDUNCE, P.; CRISOSTO, C.H. Development of high concentration carbon dioxide modified atmosphere packaging systems to maintain peach quality. **Postharvest Horticulture Serie**, London, v. 3, p. 37-45, 1997.

ZOFFOLI, J.P.; BALBONTIN, S.; RODRIGUEZ, J.; RETAMALES, J.; DEFILIPPI, B. Effect of modified atmosphere packaging and maturity on susceptibility to mealiness and flesh browning of peach cultivars. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 592, p. 573-579, 2002.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos confirmam que há necessidade da utilização de técnicas pós-colheita complementares à refrigeração com o objetivo de reduzir a lanosidade e ampliar o armazenamento de pêssegos 'Douradão' por período igual ou superior a 30 dias.

A técnica de aplicação de etileno em diferentes períodos de armazenamento, independente da aplicação de 1-MCP na saída da câmara fria (SCF), possibilitou o armazenamento refrigerado dos frutos por 30 dias, seguido de 3 dias de comercialização simulada, sem a manifestação de lanosidade, mantendo assim a qualidade dos frutos.

A redução da lanosidade dos frutos armazenados por 30+3 dias também ocorreu com o uso do condicionamento térmico por 24 ou 48 h. No entanto, o tratamento de 48 h não pode ser indicado, devido ao incremento na incidência de podridões e da perda massa, as quais reduziram a qualidade dos frutos.

A utilização de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60 ou 80 μm em associação ao condicionamento térmico por 24 ou 48 h foi eficiente na redução da lanosidade e na manutenção da qualidade dos frutos por 30+3 dias.

Os tratamentos com a aplicação de etileno associados a embalagens de PEBD de 60 μm , com ou sem 1-MCP na SCF, reduziram a lanosidade e mantiveram a qualidade dos frutos até os 30+3 dias. O uso de etileno associado a embalagens de PEBD de 80 μm , com ou sem 1-MCP na SCF, reduziu a lanosidade e ampliou a vida útil dos frutos para 40+3 dias.

A aplicação 1-MCP na SCF não apresentou efeitos positivos na qualidade dos frutos, nem na ampliação do período de conservação em nenhum dos experimentos avaliados. Dessa forma, não é recomendado para a cultivar estudada.

A associação do uso de embalagens de PEBD de 60 ou 80 μm aos tratamentos de condicionamento térmico ou com a aplicação de etileno apresentaram resultados positivos na redução na perda de massa e perda de firmeza, que são importantes problemas na redução da qualidade pós-colheita de pêssego.

A utilização de tratamentos combinados também apresentaram de maneira geral maiores teores compostos fenólicos e de capacidade antioxidante, efeitos positivos atrelados a estes tratamentos.

Dentre todas as técnicas pós-colheita testadas, as mais eficientes foram as de associação de etileno com de PEBD de 80 μm com ou sem 1-MCP SCF, que ampliaram a vida útil dos frutos para 40 dias sob refrigeração, seguido de 3 dias de comercialização simulada.

Analisando os resultados obtidos neste trabalho, sugere-se que os tratamentos devem ser testados em escala comercial para benefício dos produtores e atacadista, pois tais técnicas possuem grande viabilidade econômica devido ao baixo custo e a fácil implementação.

ANEXOS

Figura 1: Itupeva -SP-Brasil, local de produção do pêssego 'Douradão'

Figura 2: Caracterização externa do fruto (Dia 0)

Figura 3: Caracterização interna do fruto (Dia 0)

Figura 4: Pêssego 'Douradão' logo após a colheita

Figura 5: Caixa hermética utilizada para o tratamento dos frutos

Figura 6: Armazenamento em câmara fria a 0°C de pêssego 'Douradão'

Figura 7: Pêssego 'Douradão' tratados em diferentes tempos com etileno e/ou 1-MCP SCF, armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C

Figura 8: Pêssego 'Douradão' tratados com condicionamento térmico, armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C

Figura 9: Pêssego 'Douradão' tratados com etileno, atmosfera modificada e/ou 1-MCP SCF, armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C

Figura 10: Pêssego 'Douradão' tratados com condicionamento térmico, armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C

Figura 11: Pêssego 'Douradão' tratados com etileno dia 0 + embalagem de PEBD de 60 μm (A) e etileno dia 0 + embalagem de PEBD de 80 μm (B), armazenados por 30 dias a 0°C

Figura 12: Pêssego 'Douradão' tratados com etileno no dia 0 + PEBD de 60 μm (A), etileno no dia 0 + PEBD de 80 μm (B) e (C) armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C

Figura 13: Aspecto de lanosidade (frutos controle) (A) e escurecimento interno (frutos controle) (B) em pêssego 'Douradão' armazenados a 0°C durante 30 dias e expostos ao período de comercialização simulada de 3 dias a 25°C